بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شیراز

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

رشته و گرایش:

مهندسی برق - مدارهای مجتمع الکترونیک

عنوان:

طراحی و شبیه سازی سیستم ارسال سیگنالهای قلب انسان با استفاده از ماژول ZigBee

استاد راهنما:

دکتر مجتبی صادقی

استاد مشاور:

نگارنده:

سعید عزیزی

زمستان ۱۳۹۸

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شیراز

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

رشته و گرایش:

مهندسی برق - مدارهای مجتمع الکترونیک

عنوان:

طراحی و شبیه سازی سیستم ارسال سیگنالهای قلب انسان با استفاده از ماژول ZigBee

نگارش:

سعید عزیزی

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: ....

دکتر .... استاد مهندسی............... (رئیس کمیته) ....

دکتر .... استاد مهندسی............... ....

دکتر .... استاد مهندسی............... ....

زمستان ۱۳۹۸

تقدیم به

و به همسر و فرزند عزیزم که نگاه مهربانشان همیشه امید و انرژی زندگی ام بوده است.

تشکر و قدردانی:

به مصداق «**من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق** » بسی شایسته است از اساتید فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر صادقی که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کارساز و سازنده خود بارور ساختند، تقدیر و تشکر نمایم؛ و از تمام معلمین و استادان عزیزم که در راه کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند تشکر می‌نمایم.

(و یزکیهم و یعلمهم الکتاب و الحکمه)

معلما مقامت ز عرش برتر باد   همیشه توسن اندیشه ات مظفر باد

درود فراوان بر همسر عزیزم که بی هیچ چشم‌داشتی همیشه یاورم بود و پارسای عزیزم که صبورانه مرا همراهی کرد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها

عنوان | **صفحه**

فهرست جدول ها

عنوان | صفحه

چکیده

در بیشتر کشورها، بیماریهای قلبی علت اصلی مرگ و میر یا حداقل یکی از علتهای اصلی آن به شمار می آیند. وقتی بیماری دچار ایست قلبی می شود، ثانیه ها برای نجات وی ارزش پیدا می کنند و یک دقیقه زودتر رساندن بیمار به یک مرکز درمانی هم می تواند شانس حیات او را به میزان قابل توجهی بالا ببرد. اما حتی در کشورهای پیشرفته و با سیستم اورژانس مجهز هم بسیاری از بیماران این امکان را پیدا نمی کنند که در فرصت طلایی بعد از حمله قلبی به امکانات درمانی دسترسی پیدا کنند. بنابراین چاره چیست؟ افزایش تعداد هلیکوپترهای آمبولانس؟ ساختن تعداد بیشتر و بیشتری از مراکز اورژانس؟ یا ساختن مجتمع مسکونی برای بیماران قلبی در داخل بیمارستانها؟

نوار قلبی(Electrocardiogram) با استفاده از ایجاد امواج الکتریکی قلب افراد به وضعیت فیزیکی و بیماری های احتمالی آنها پزشک پی می برد. الکتروکاردیوگرام روش بدون دردی است که فعالیت الکتریکی قلب را ضبط می کند . نوار قلب یکی از بی خطرترین و ساده ترین اقداماتی است که اطلاعاتی ارزشمند در مورد قلب به پزشک می دهد . جریان الکتریکی منتشر شده از قلب توسط الکترودهایی که با رنگهای مختلف استاندارد به دست ها و پاها و جلوی سینه وصل می شوند می تواند در تشخیص بیماریهای قلب با ارزش باشد . نوار قلب در بررسی دردهای قلبی و سکته های قلبی ارزش بالائی دارد و به عنوان اقدام روتین در تمام کسانی که مشکلات حاد قلبی دارند صورت می گیرد .

در این پایان نامه قصد داریم یک سیستم ECG وایرلس طراحی و شبیه سازی نماییم که سیگنالهای (Electrocardiogram-ECG) قلب انسان را بصورت بی سیم کم مصرف (zigbee) ارسال نموده و در گیرنده دریافت نماید.

کلمات کلیدی: الکتروکاردیوگرام، زیگبی، آردینو، پروتئوس

فصل اول

کلیات

همواره سرعت بخشیدن به روند رساندن اطلاعات به کارگروه مراقبت پزشکی از مهمترین اهدافی است که به منظور افزایش بازده تشخیص و درمان دنبال می‌شود. امروزه با دست‌یابی به فناوری‌های جدید انتقال اطلاعات و با توجه به وجود محدودیت‌هایی در روش‌های قدیم، بکارگیری این فرایندها روز به روز در حال گسترش است.

بیماریهای قلب و عروق یکی از بیماریهای شایع در جهان و یکی از ۳ عامل اصلی مرگ ومیر می‌باشد. به طور کلی بیماران قلبی، قبل از هر چیز نیاز به انجام یک تست الکتروکاردیوگراف دارند. نوار قلب به صورت غیرتهاجمی توسط دستگاه الکتروکاردیوگراف برای ثبت فعالیت سلولهای قلبی انجام می‌گیرد. سپس متخصص قلب و عروق با توجه به نوار قلب ثبت شده مشکلات قلبی عروقی-بیمار را به صورت اولیه تشخیص می‌دهد. با این وجود در بعضی موارد ، ثبت یکبار سیگنال قلبی منجر به تشخیص صحیح نمی‌شود. به عنوان مثال، بعضی از بیماران مبتلا به عروق کرونردر اکثر مواقع ریتم طبیعی قلب را دارند فقط بعضی اوقات به صورت ناگهانی آریتمی رخ میدهد.

۱-۱ نوار قلب (ECG) چیست؟

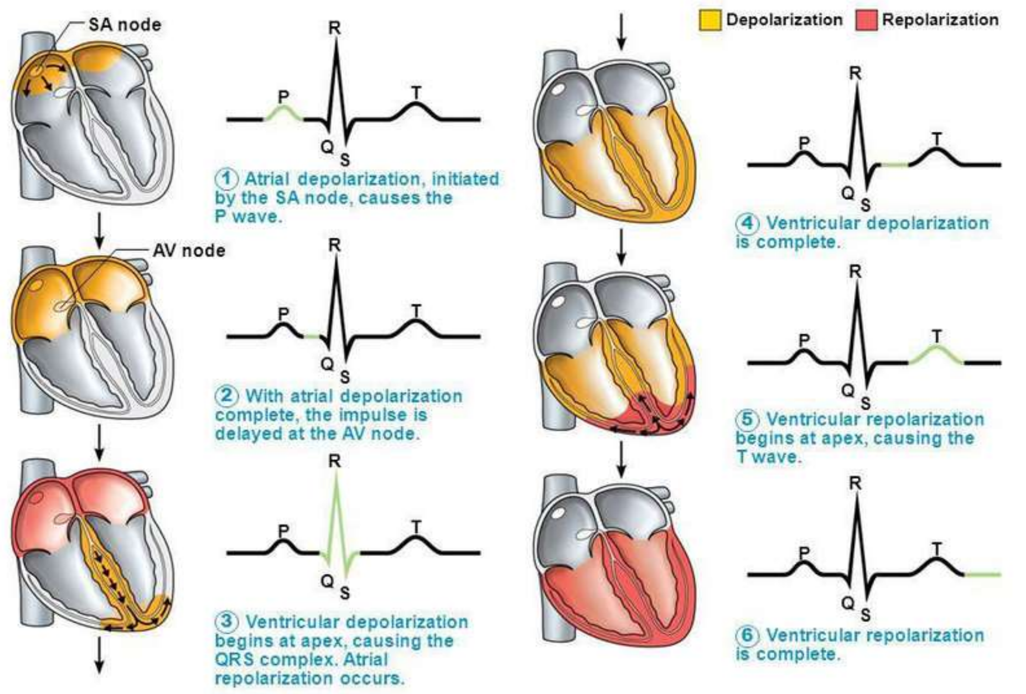
انقباض تمام ماهیچه‌های بدن در اثر یک تغییر الکتریکی به نام دپولاریزاسیون[۱] ایجاد می‌شود. اگر الکترودهایی را بر روی سطح پوست بچسبانیم، این جریانات قابل دریافت هستند. قلب نیز یک ماهیچه است، پس از این قانون مستثنی نیست. جریانات الکتریکی قلب، توسط دستگاه الکتروکاردیوگراف قابل دریافت و ثبت هستند.

الکتروکاردیوگرام (ECG) ثبت فعالیت الکتریکی قلب است. این فعالیت الکتریکی با فعالیت مکانیکی قلب در ارتباط مستقیم است. ازاین‌رو این سیگنال نقش بسزایی در تشخیص و مطالعه عملکرد قلب دارد. از دیدگاه آناتومیکی قلب دارای چهار حفره (دهلیز و بطن راست و دهلیز و بطن چپ) است که خون را به اندام و ششها میرساند. عملکرد مکانیکی قلب که موجب جابجایی خون می گردد منشایی الکتریکی دارد. این فرآیند الکتریکی دوره‌ای و تکرارشونده است و موجب ارسال جریان الکتریکی در سرتاسر بدن می‌گردد. دوره ی الکتریکی قلب از گره سینوسی SA[۲] که فرمانده بدن بوده و مجموعه رشته های عصبی قرار گرفته بر روی دهلیز راست، آغاز می گردد. این مجموعه رشته ها همانند یک نوسان ساز آاستابل عمل می کنند.

---

[۱] depolarization

[۲] sinoatrial

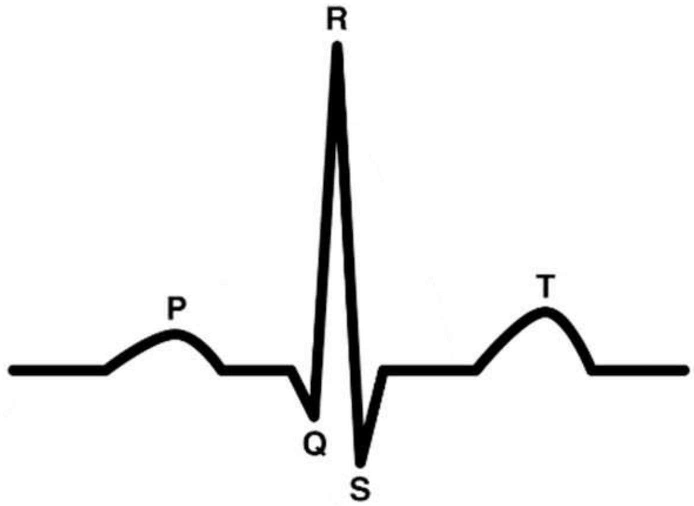


شکل ۱-۱ : فعالیت قلب هنگام تولیدECG

این گره است که قلب را تحریک می کند. گره سینوسی SA موجب انقباض دهلیزها می‌گردد و موج P را در سیگنال ECG تولید می کند (۶۰-۸۰ میلی ثانیه و ۰/۲ تا ۰/۳ میلی ولت). پالس‌های تحریک از طریق فیبرهای هدایت درون دهلیز به گره دهلیزی- بطنی AV[۱] می‌رسد که این گره کنترل کننده ی پالس های انتقالی بین دهلیز و بطن است. یک سامانه‌ی هدایتی ویژه پالس ها را به بخشهای پایینی و خارجی بطن‌ها منتقل می‌نماید. انقباض بطن ها موجب پمپاژ خون در بدن شده و کمپلکس QRS را در موج ECG تولید میکند (۸۰ میلی ثانیه در حدود ۱ میلی ولت). در حدود ۱۵۰ میلی ثانیه بعد بطن ها رپالریزه شده و موجب تولید موج T می‌گردد (۱۲۰ – ۱۶۰ میلی ثانیه و ۰/۲ تا ۰/۳ میلی ولت). رپالریزه شدن دهلیزها عموما در سیگنال ECGدیده نمی‌شود. سیگنال نمونه ی ECG و نقش هریک از بخش های قلب در تولید این سیگنال در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.

[۱] Atrioventricular

دستگاه الکتروکاردیوگرام یا همان نوار قلب وسیله ای است که می تواند سیگنال های قلب شما را دریافت و آن را ثبت نماید، این پروسه یک تست معمول برای سنجش عملکرد قلب و تعداد و شدت ضربان قلب است که در موقعی های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد، نوار ECG علاوه بر بیمارستان ها و برخی مطب ها در آمبولانس و نیز اتاق های عمل نیز موجود است. اگر شما در سن میانسالی هستید احتمالا تا کنون نوار قلب را دیده اید و با آن آشنا هستید، ولی اینکه یک نوار ECG چه چیزی را نشان می دهد ؟

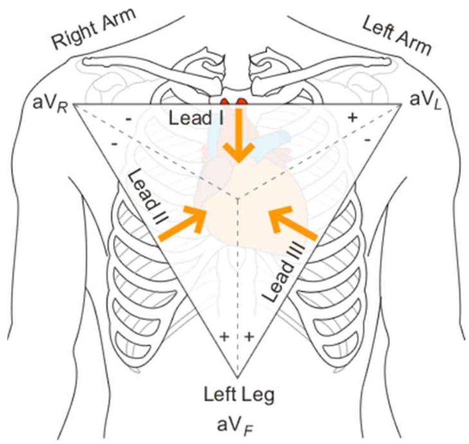


شکل ۱-۲ : سیگنال ECG

همانطور که در شکل ۱-۲ می‌بینیم هر منحنی ECG شامل سه موج است: موج p فعالیت الکتریکی دهلیزها، موج QRS فعالیت الکتریکی بطن‌ها و موج T استراحت بطن‌ها را نمایش می‌دهد. جریان‌های الکتریکی ماهیچه قلب را منقبض و منبسط می‌کنند. موج P نمایانگر جریان الکتریکی در حفرات بالایی قلب(دهلیزها) است. کمپکس QRS نشان‌دهنده جریان الکتریکی در حفرات پایینی قلب(بطن‌ها) می‌باشد. موج T نمایانگر دوره استراحت کوتاه قلب است، زمانی که بین دو ضربان قلب دوباره شارژ می‌شود.

امواج الکتریکی در ECG به‌صورت اوج و فرودهای متناوب ثبت می‌شوند. هر دوره فعالیت الکتریکی قلب شامل چندین قطعه است. این دوره‌ها از موج P شروع می‌شوند و تا موج P بعدی ادامه می‌یابند. P یک موج نسبتا کوچک است که انقباض دهلیز را نشان می‌دهد. بعد از مکثی کوتاه ترکیب QRS به چشم می‌خورد که در آن خط نوار قلب حرکتی سریع به سمت پایین، بالا و دو مرتبه به سمت پایین داشته است. این ترکیب در اثر انقباض بطن‌ها ایجاد می‌شود و در نهایت پس از مکثی بلندتر موج T مشاهده می‌شود که پر شدن ناگهانی بطن‌ها را نشان می‌دهد.

ثبت سیگنال قلبی توسط دستگاه الکتروکاردیوگرافی تولید می‌شود. در این دستگاه سیگنالها بواسطه الکترودهای فلزی که به اندامها و قفسه سینه متصل می‌شوند، دریافت شده و توسط این دستگاه تقویت و ثبت می‌گردند. نوار قلب در بررسی دردهای قلب و سکته‌های قلبی و نیز بی نظمی های ضربان قلب ارزش خاصی دارند و به عنوان اقدامی ضروری در تمام کسانی که مشکوک به مشکلات حاد قلبی باشند صورت می‌گیرد. گرفتن نوار قلب حتی در دوران بارداری یا در نوزادان ضرری ندارد و هیچگونه برق یا جریان الکتریسیته‌ای به بیمار القا نمی شود در نوار قلب استاندارد به صورت اتوماتیک یا دستی ۱۲ نوع مختلف نوار گرفته می‌شود. در هر نوع سیمهای خاصی دریافت الکتریسیته را بر عهده دارند تا در نهایت نمایی کامل از قلب برداشته شود. ۶ نوار اول وظیفه ثبت لیدهایی از دست و پا را به عهده دارند و ۶ نوار دوم مربوط به سیمهای جلوی قلبی می‌باشند.



شکل ۱-۳ : دریافت سیگنال حیاتی قلب انسان از سه نقطه

هرچند امروزه دستگاههای ECG با ۱۲ الکترود (LEAD) موجود است ولی تنها با استفاده از پتانسیل حاصله از ۳ نقطه بدن یعنی دست راست ، دست چپ و پای چپ می توان این سیگنال حیاتی را استخراج نمود و به نوعی این استاندارد ابتدایی دستگاههای ECG بوده است. شکل ۱-۳.

۱-۲ شبکه بیسیم (Wireless) چیست ؟

انتقال اطلاعات جزو جدایی ناپذیر در عرصه های مختلف تکنولوژی می باشد. در فرآوری اطلاعات نیاز به ذخیره، پردازش و نظارت بر اطلاعات در مکان دیگر ضروری و اجتناب ناپذیر است. در یک تقسیم بندی کلی می توان این انتقال را به با سیم و بی سیم تقسیم کرد. در هر دو نوع، داده ها از یک مکان به مکان دیگر انتقال پیدا می کنند که فاصله ما بین این دو می تواند از چند سانتی متر تا هزاران کیلومتر تغییر بکند. برای انتخاب بین این دو شیوه انتقال می توان پارامترهای مختلفی را بررسی کرد.

در انتقال سیمی میزان اطمینان بسیار بالاتر از انتقال بی سیم می باشد که معمولا بدلیل تداخل امواج، داده هایی از دست خواهند رفت. البته در ارتباط سیمی با افزایش طول انتقال، افت ولتاژ و کاهش اطمینان اجتناب ناپذیر می باشد. هزینه بعنوان یک پارامتر مهم در انتقال سیمی کم تر از ارتباط بی سیم می باشد. برجسته ترین مزیت ارتباط بی سیم، سادگی کاربرد آن می باشد در حالیکه ارتباط سیمی با محدودیت های آب و هوایی، تنگناهای انتقال سیم در محیط های با تراکم بالا و تجهیزات محرک روبرو است. تداخل ناشی از تجهیزات الکترومغناطیسی بعنوان یک عامل منفی در هر دو نوع ارتباط وجود دارد ولی در ارتباط بی سیم امواج مشابه نیز می توانند تاثیر منفی داشته باشند. [۱]

تکنولوژی شبکه‌های بی‌سیم، با استفاده از انتقال داده‌ها توسط اموج رادیویی، در ساده‌ترین صورت، به تجهیزات سخت‌افزاری امکان می‌دهد تا بدون‌استفاده از بسترهای فیزیکی همچون سیم و کابل، با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. شبکه‌های بی‌سیم بازه‌ی وسیعی از کاربردها، از ساختارهای پیچیده‌یی چون شبکه‌های بی‌سیم سلولی - که اغلب برای تلفن‌های همراه استفاده می‌شود و شبکه‌های محلی بی‌سیم (WLAN – WireLess LAN) گرفته تا انوع ساده‌یی چون هدفون‌های بی‌سیم، را شامل می‌شوند.

۱-۲-۱ تعریف فرکانس و طول موج

فرکانس[۱] به تعداد تکرار یک موج متناوب در واحد زمان گویند و آن‌را به افتخار فیزیکدان آلمانی هاینریش رودلف هرتز[۲]، هرتز می‌نامند و با نماد Hz نمایش می‌دهند. شود. امواج با فرکانسهای مختلف ویژگیهای متفاوت دارند. فرکانسهای موجود در طبیعت از $10^{4}\ Hz$ تا $10^{18}\ Hz$ است . هرچه فرکانس موج بیشتر باشد حامل انرژی

۱ Frequency

۲ Heinrich Rudolf Hertz

بیشتری است و اگر جذب مواد شود باعث حرارت و تغییر خواص آن می شود. فرکانس یکی از مهم‌ترین پارامترهای فیزیک و علوم مهندسی است که به وسیله آن، تمامی پدیده‌های ارتعاشی، نوسانی و انواع موج‌های مکانیکی و صوتی را تفسیر می‌کنند.

طول موج[۱]، طول یا مسافتی است که یک سیگنال طی می کند تا دوباره تکرار شود. در علوم مهندسی، غالباً طول موج را برای امواج سینوسی که ظاهری یک دست دارند، استفاده می‌کنند. اما در حالت کلی، طول موج برای هر نوع موجی که به طور متناوب تکرار می‌شود، قابل استفاده است. طول موج مشخصه‌ای مهم از امواج (رونده یا ایستاده) است که در فیزیک و علوم مهندسی با نماد λ و واحد متر m سنجیده می‌شود. ربطه فرکانس و طول موج یک سیگنال از رابطه زیر پیروی می کند :

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

ولی چون معمولا سیگنال سینوسی را مد نظر قرار می دهیم و سیگنال سینوسی دارای سرعت ثابتی است اصطلاحا می گوئیم که فرکانس و طول موج رابطه عکس با هم دارند. یعنی هرچه فرکانس یک سیگنال کمتر باشد طول موج آن و مسافت قابل انتقال آن بشتر است. به همین خاطر است که در مخابرات سیگنال دیتا که دارای فرکانس زیادی است (طول موج و نفوذی کم) را با سیگنال کریر که فرکانس کمتر (طول موج بیشتر) است مدوله کرده و ارسال می کنیم.

۱-۲-۳ ویژگی‌های شبکه‌های انتقال بی‌سیم و طیف بی‌سیم

شبکه‌های بی‌سیم از طریق زنجیره‌ای از امواج الکترومغناطیس با یکدیگر ارتباط برقرار کرده که می‌تواند حامل داده‌ها یا می‌تواند حامل ارتباطات صوتی و تصویری باشد که با طول موج‌های مختلف استفاده می‌شود.

شبکه‌های محلی که سیگنال‌ها را از طریق هوا و از طریق امواج RF (فرکانس رادیویی) انتقال می‌دهند به نام WLANها یا شبکه‌های محلی بی‌سیم شناخته می‌شوند. امروزه، رسانه‌های بی‌سیم به یکی از ملزومات مهم شبکه‌های تجاری، خانگی و برخی محیط‌های تخصصی شبکه‌ها تبدیل شده‌اند.

[۱] Wavelength

همه سیگنال‌های بی‌سیم توسط امواج الکترومغناطیسی و از طریق هوا ارسال می‌شوند. طیف بی‌سیم، معمولا به نام موج‌های هوایی شناخته شده و به دامنه فرکانس امواج الکترومغناطیسی اشاره دارد که برای برقراری ارتباطات صوتی و ارسال داده‌ها از آن استفاده می‌شود. در کشوری همچون ایالات متحده کمیسیون ارتباطات فدرال[۱] (FCC) که بر نحوه استفاده از طیف‌های بی‌سیم نظارت دارد، محدوده فرکانس‌ها یا پهنای باند طیف‌های بی‌سیم را ۹ کیلوهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز تعیین کرده است و مشخص کرده است که هر فرکانسی برای چه مقاصدی باید استفاده شود و در چه مکان‌هایی نباید از فرکانس‌های خاصی استفاده شود.

اتحادیه بین‌المللی مخابرات[۲] (ITU) سازمانی جهانی است که وظیفه قانون‌گذاری و مدیریت فضای فرکانسی را عهده‌دار است. استانداردسازی مخابرات، ارتباطات رادیویی و توسعه مخابرات از وظایف این اتحادیه است. این اتحادیه استانداردهایی برای برقراری ارتباطات بین‌الملل وضع کرده که تخصیص فرکانس‌های بی‌سیم از جمله آن‌ها است. توجه داشته باشید هر فرکانسی برای هدف خاصی استفاده می‌شود. به‌طور مثال، برخی از باندها تنها برای یک استفاده خاص در نظر گرفته شده‌اند. به‌طور مثال، یک باند برای تلویزیون، FM یا AM در نظر گرفته شده است، در حالی که برخی دیگر همچون باندهای وای‌فای برای استفاده عمومی در دسترس قرار دارند. در مورد Wi-Fi، این حرف به معنای آن است که شما می‌توانید دستگاه وای‌فای خودتان را در اختیار داشته و از آن استفاده کنید بدون آن‌که به مجوز سازمان خاصی برای استفاده از این باند نیاز داشته باشید. طبق استاندارد اتحادیه بین‌المللی مخابرات، Wi-Fi ، بلوتوث، ZigBee و نیز برخی از سیگنال‌های ماهواره‌ای، محدوده فرکانس‌ها را در فرکانس ۲/۴ گیگاهرتز به صورت اشتراکی استفاده می‌کنند .

---

[۱] Federal Communications Commission

[۲] International Telecommunication Union

۱-۲-۴ محدوده ۲/۴ گیگاهرتز

برای آشنایی با این محدوده به شکل سریع مروری بر این استانداردها خواهیم داشت:

Wi-Fi، معمولا برای دسترسی به اینترنت بی‌سیم، استفاده می‌شود. در ایالات متحده، سازمان تنظیم مقررات رادیویی 11 کانال را در باند ۲/۴ گیگاهرتزی ویژه وای‌فای تعریف کرده است. (کشورهای دیگر ممکن است ۱۴ کانال Wi-Fi را برای باند ۲/۴ گیگاهرتزی اختصاص داده باشند.) در ایالات متحده، هر کانال پهنای ۲۰ مگاهرتز دارد. توجه داشته باشید که یک اکسس پوینت وای‌فای[۱] (Wi-Fi AP) که یک دستگاه اتصال مرکزی برای کلاینت‌های وای‌فای در یک شبکه است، به صورت دستی برای استفاده از یک گروه انتخاب شده از کانال‌ها پیکربندی شده است. دستگاه‌های کلاینت وای‌فای کل کانال را برای کانال‌های فعال پویش می‌کنند.

بلوتوث، معمولا برای اتصال دستگاه‌های شخصی بی سیم، استفاده می‌شود تا از ۷۹ کانال اختصاص یافته به گروه بلوتوث استفاده کند. در شبکه‌ای متشکل از دستگاه‌های بلوتوث که پیکونت[۲] نام دارد، یک دستگاه اصلی تعیین می‌شود که این دستگاه زمانی را برای سایر دستگاه‌ها ارائه می‌کند تا دستگاه‌ها بتوانند به شکل درستی به کانال‌ها پرش کرده و از آن‌ها استفاده کنند. از آنجایی که انتقال بلوتوث به‌طور مداوم کانال ها را پر می‌کند، تصادم یا تداخل به ندرت باعث بروز مشکل می‌شوند.

ZigBee ، معمولا در دستگاه‌های صنعتی، علمی و پزشکی استفاده شده و از ۱۶ کانال استفاده می‌کند. که در ادامه به تفصیل توضیح آن می‌آید.

---

۱ WiFi Access Point

۲ piconet

۳-۱ تکنولوژی زیگبی

زیگبی نوعی شبکه بی سیم است که در انستیتو مهندسان برق و الکترونیک[1] با مشخصه IEEE 802.15.4 استاندارد سازی شده است. در فن آوری Zigbee طراحی به نحوی ست که سیگنال های رادیویی دیجیتال با انرژی کم در شبکه های شخصی با وسعت و برد کم توزیع می شود و پهنای باند به دست آمده نیز کم است. در قبال از دست دادن پهنای باند انتقالی و برد پوشش، قیمت مقرون به صرفه و مصرف بسیار کم انرژی به دست می آید. علت پایین بودن نرخ داده را می توان هدف از طراحی این فناوری دانست که به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی بوده و برای ایجاد شبکه هایی مورد استفاده قرار میگیرد که به انتقال داده های کم، بهره وری انرژی و شبکه ای ایمن نیاز دارند.

زیگبی یک شبکه هوشمند است که برای پروتکل های ارتباطی که در سطوح بالا و داده ها با نرخ ارسال پایین داده استفاده می شوند ، بکار می رود. این پروتکل برای شبکه های بی سیم با نرخ ارسال داده پایین و در باند فرکانس ۸۶۸ مگاهرتز، ۹۱۵ مگاهرتز و ۴/۲ گیگاهرتز استفاده می شود. بیشترین نرخ انتقال داده ۲۵۰ کیلوبیت در ثانیه است و برد محیطی این پروتکل بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر است و از طریق آن می تواند ۶۴۰۰۰ سیستم را به یکدیگر متصل نمود.

تکنولوژی زیگبی نوع ارزان شده شبکه های بیسیم نظیر Bluetooth و WiFi می باشد که آن را قادر می سازد در انواع کاربردهای نظیر هوشمند سازی ساختمان ، سیستم های مدیریت ترافیک ، کنترل انواع وسایل صنعتی و البته تجهیزات پزشکی مورد استفاده قرار گیرد. یکی از مالکهای اصلی در طراحی ZigBee مصرف کم انرژی و طول عمر زیاد باتری است. در این پروتکل، دستگاهها بیشتر وقت خود را در حالت صرفه جویی در انرژی (حالت خواب) به سر می برند.

[1] The Institute of Electrical and Electronics Engineers

کلمه زیگبی به رقص گروهی زنبورهای عسل بعد از بازگشت به کندوی عسل اشاره می کند. زنبور عسل بعد از آنکه منبع جدیدی از غذا را پیدا کند به شکل زیگزاک شروع به حرکت میکند.نوع حرکت زنبور حاوی اطلاعاتی از قبیل محل غذا، جهت حرکت و فاصله آن تا کندو است که این اطلاعات را به نزدیک ترین زنبور اطلاع می دهد. زنبور دوم نیز با رقص خودش این اطلاعات را به زنبور بعدی انتقال داده و این زنجیره به همین ترتیب ادامه می یابد تا همه کندو از محل غذا، جهت حرکت و فاصله آن تا کندو مطلع شوند. در حقیقت رقص زنبورها نوعی از مدولاسیون را در سیستم انتقال مخابراتی نمایندگی می کند.

سازندگان زیگبی یک اتحاد تشکیل داده‌اند به نام اتحادیه زیگبی[1]، که برای ساده سازی و یکپارچه سازی محصولات استانداردهایی را تعریف می کنند که ارتباطات بی سیم قابل اعتماد، امن، کم قدرت و آسان را با استفاده از فرآیند توسعه استانداردهای باز به شرکت ها برای هدایت کار خود ارایه می دهند. اتحادیه زیگبی شامل گروهی از افراد و شرکت های بوجود آورنده و توسعه دهنده استاندارد زیگبی می‌باشد.

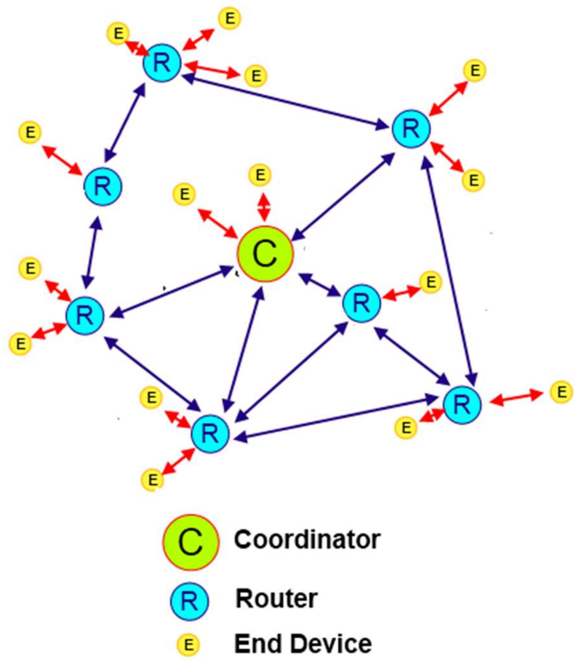
اتحاد زیگبی اخیراً اعلام کرد که نیمی از میلیارد چیپ ست Zigbee تا به امروز فروخته شده است و انتظار می‌رود که تکنولوژی Zigbee Alliance برای ۳/۸ میلیارد IEEE 802.15.4 تا سال ۲۰۲۳ عرضه شود. بیش از ۴۰۰ عضو Zigbee Alliance وجود دارد و آنها حدودا ۲۵۰۰ دستگاه را در اختیار دارند.

۱-۳-۱ معماری شبکه زیگبی

در پروتکل زیگبی سه نوع گره تعریف می‌شود: هماهنگ کننده[2] (ZC)، روتر[3] (ZR) و دستگاه پایانی[4] (ZED). اگرچه همه این گره‌ها می‌توانند داده ارسال و دریافت کنند، اما هر کدام نقش متفاوتی دارند. در هر شبکه هماهنگ کننده اطلاعات را دسته‌بندی کرده و امنیت شبکه را فراهم می‌کند. روترها گره‌های داخلی هستند که داده‌ها را بین دستگاه‌ها منتقل می‌کنند. در نهایت دستگاه پایانی می‌توانند دستگاه‌هایی با توان مصرفی کم باشند که با هماهنگ کننده به طور مستقیم و یا از طریق روترها در ارتباط هستند. تعداد هماهنگ کننده ها، روتر ها و دستگاههای پایانی به نوع شبکه (ستاره‌ای، درختی و مش) بستگی دارد. شکل ۱-۴ یک شبکه مش زیگبی را نشان می دهد که در آن سه نوع گره گفته شده دیده می‌شود.

---

[1] Zigbee Alliance
[2] Coordinator
[3] Router
[4] End Device



شکل ۱-۴ : یک شبکه مش زیگبی

۱-۴ مقایسه شبکه های زیگبی و بلوتوث

تکنولوژی Zigbee از توپولوژی شبکه های حلقه یا مش (Mesh) استفاده می کند. این شبکه با شناسایی و اتصال اعضای جدید به هم رشد می کند و بزرگ تر می شود . یک دستگاه زیگبی همه دستگاه های زیگبی همسایه خود را شناسایی کرده و آن ها را به لیست همسایگی ها اضافه می کند که برای مسیر یابی بهینه داده ها از آن استفاده شود. درحالی که دستگاه های بلوتوث می توانند هر دستگاه دیگری که در برد دستگاه باشد را شناسایی کنند و با آن ها جفت[۱] شوند. با این کار، هربار که دستگاه های جفت شده در برد هم قرار بگیرند به هم متصل خواهند شد.

[۱] Pair

هر دستگاه بلوتوث کلاسیک می تواند به حد اکثر ۸ دستگاه دیگر وصل شود که این اتصال به شکل ارباب/برده[۱] است. دستگاه ارباب زمانبندی ارسال را در دست دارد. هر دستگاه یا گره شبکه می تواند به بقیه این ریز شبکه های هشت تایی وصل شود که یک شبکه پراکنده (Scatternet) را ایجاد می‌کند. بلوتوث هوشمند هم می تواند شبکه پراکنده وصل شود. البته معمولا بلوتوث ها برای ارتباط ساده بین دو دستگاه استفاده می شوند و نه ایجاد یک شبکه پیچیده.

هر دو این تکنولوژی ها در فرکانس ۲/۴ گیگاهرتز کار می کنند که به طیف فرکانس استفاده عمومی ISM(صنعتی ، علمی و پزشکی) معروف است. تکنولوژی بی سیم WiFi هم روی این طیف فرکانسی کار می کند. هر دو تکنولوژی بر اساس استاندارد شماره ۸۰۲٫۱۵ موسسه مهندسان برق و الکترونیک (IEEE) طراحی شده اند که برای شبکه های شخصی بی سیم است . تکنولوژی بلوتوث بر اساس استاندارد شماره ۸۰۲٫۱۵٫۱ و تکنولوژی زیگبی براساس استاندارد شماره ۸۰۲٫۱۵٫۴ که دستگاه های برد پایین است طراحی شده اند .

در هردو این تکنولوژی ها، دستگاه های مجهز به تکنولوژی به شکل اتوماتیک با دستگاه های دیگر تشکیل شبکه می دهند و تنها با دستگاه هایی ارتباط برقرار می کنند که در شبکه آن ها قرار دارند. این تکنولوژی فعلا مستقیما به اینترنت متصل نشده اند. هر دو تکنولوژی از طریق مدولاسیون ، امواج رادیویی و با بسته های داده ای ارتباط برقرار می کنند.

به خاطر مساله انرژی استفاده از پروتکل وای فای برای مصارفی غیر از انتقال دیتا به شدت غیر اقتصادی است و باتری تجهیزات را به طور محسوسی دشارژ می‌کند. حتماً این دو حالت را مقایسه کنید ، زمانی که از تلفن همراه خود دارید استفاده می‌کنید و وای فای روشن است و زمانی که وای فای خاموش است. خواهید دید که به صورت محسوسی شارژ گوشی‌تان در حالت روش بودن وای‌فای باتری گوشی دشارژ می‌شود.

در مورد Bluetooth هم مساله باتری امری حیاتی و مهم است و همچون وای‌فای مصرف انرژی و دشارژ دستگاه در تبادل اطلاعات به وسیله بلوتوث افزایش می‌یابد و عاقلانه است که در شبکه های از آن استفاده کنیم که امکان شارژ مجدد به طور مداوم وجود داشته باشد. جدول ۱-۲ مقایسه بین این سه تکنولوژی را نشان می‌دهد.

[۱] Master/Slave

جدول ۲-۱ : مقایسه وای‌فای، بلوتوث و زیگبی

Aspects	ZigBee	WiFi	Bluetooth
standard	802.15.4	802.11a,b,g	802.15.1
application	automation, control	Web, e-mail, video	replacement of cableing
data rate	50 - 60 kbyte	> 1 Mbyte	> 250 kbyte
battery lifetime	> 1000	1 -5	1 -7
network size	65535	32	7
bandwith (kb/s)	20 - 250	11000	720
transmission distance	100+ m	100 m	10 m
advantage	reliability, performance, cost	data rate, flexibility	cost, comfortable

اما برسیم به چرایی اهمیت پروتکل Zigbee ، دلیل اول همان مرتفع شدن دغدغه ی طراحان و کارشناسان، یعنی مصرف باتری است . در بعضی از تجهیزات Zigbee تا ۵ سال نیازی به تعویض باتری نیست. در ثانی آنچه که بعد از مصرف انرژی مهم می‌باشد این است که ارتباط سریع به منظور انتقال فرمان یا دیتا ولو با Rate کم می باشد. اینجا هم ZigBee مزیت دارد؟ دلیل اصلی نوع ارتباطی است که زیگبی فراهم میکند. یادآور می‌شویم که در شبکه تقسیم بندی دیگری نیز داریم .

آن تقسیم بندی بر اساس چگونگی به اشتراک گذاشتن یا تبادل اطلاعات و منابع است. شبکه های کلاینت سروری و شبکه های Peer to Peer. هم چنین یادآور می شویم که شبکه ی Adhoc هم نوعی از ارتباط است که دو دستگاه بدون نیاز به سرور می توانند با هم ارتباط و مذاکره برقرار کنند. زیگبی همه ی این موارد را دارد. پس هم فرامین شما به سرعت در شبکه با قابلیت اطمینان بالایی منتشر میشود هم در بسیاری از مواقع حتی نیازی به سرور نیز ندارید.

فصل دوم

پیشینه تحقیق

۲ – ۱ تاریخچه انتقال بی سیم

قدیمی‌ترین ارتباط بی‌سیم به دوران ماقبل دنیای مدرن بازمی‌گردد که از دود، آتش، پرچم، و غیره برای انتقال پیام در فواصل دور استفاده می‌شد. نظریه ریاضی امواج الکترومغناطیسی توسط ماکسول در سال ۱۸۷۳ میلادی پیشنهاد شد. هاینریش هرتز در سال ۱۸۸۷ میلادی وجود این امواج را نشان داد. مخابرات بی‌سیم رادیویی حدود سال ۱۸۹۷ میلادی توسط گولیلمو مارکونی ابداع شد. مارکونی موفق به ارسال تلگراف بی‌سیم برای حرف S در فاصله حدود سه کیلومتری شد. تلگراف بی‌سیم برای اولین بار توسط ارتش انگلستان در آفریقای جنوبی در سال ۱۹۰۰ در جنگ بوئر دوم مورد استفاده قرار گرفت.

در این جنگ نیروی دریایی انگلیس از دستگاه مارکونی برای مکالمه میان کشتی‌هایش در خلیج دلاگوا استفاده کرد. تا سال ۱۹۰۱ میلادی پوشش رادیویی در سرتاسر اقیانوس آتلانتیک فراهم شده بود. از آنجایی که دریانوردان اولین مشتریان تلگراف بی‌سیم بودند، ارتباط بی‌سیم تا سال ۱۹۱۲ میلادی که کشتی تایتانیک از آن برای ارسال پیام کمک استفاده کرد مرسوم شده بودند. در سال ۱۹۰۶ میلادی رادیو با مدولاسیون دامنه توسط رجینالد ابری فسندن برای ارسال موسیقی ابداع شد. در سال ۱۹۱۸ میلادی ادوین هاوارد آرمسترانگ گیرنده سوپرهترودین را اختراع کرد که با استفاده از آن اولین مخابره رادیویی در سال ۱۹۲۰ میلادی در شهر پیتسبورگ انجام پذیرفت. در سال ۱۹۲۱ میلادی برای اولین بار دستگاه همراه بی‌سیم زمینی توسط پلیس دیترویت مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۲۹ ولادیمیر زورکین اولین آزمایش ارسال تلویزیونی را انجام داد. در سال ۱۹۳۳ میلادی ادوین هاوارد آرمسترانگ مدولاسیون فرکانس را کشف کرد.

اولین سیستم تلفن همراه برای عامه مردم در سال ۱۹۴۶ میلادی در پنج شهر آمریکا راه اندازی شد. این سامانه نیمه دو طرفه بود و از ۱۲۰ کیلوهرتز طول موج اف‌ام استفاده می‌کرد. در سال ۱۹۵۸ ارسال ماهواره SCORE شروع عصر مخابرات ماهواره‌ای را رقم زد. در حدود اواسط دهه ۱۹۶۰ میلادی، پهنای باند اف‌ام به ۳۰ کیلوهرتز کاهش داده شده بود. در دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ رادیو ترانک اتوماتیک پیشنهاد شد که به وسیله آن سامانه کاملا دوطرفه پیشنهاد شد. در دهه ۱۹۷۰ میلادی مفهوم مخابرات سلولی همراه در آزمایشگاه‌های بل پیشنهاد شد. در دهه ۱۹۸۰ سامانه‌های نسل اول، دهه ۱۹۹۰ سامانه‌های نسل دوم استفاده شدند.

در طی قرن بیستم میلادی گونه‌های مختلفی از سامانه‌های بی‌سیم به وجود آمده و بعدها رو به زوال گذاشتند. به عنوان مثال در حالی که ارسال سیگنال تلویزیونی در ابتدا توسط فرستنده‌های بی‌سیم رادیویی انجام می‌شد، این فرستنده‌ها به‌تدریج جای خود را به خطوط کابلی می‌دهند. مدارهای ماکروویو انتقال نقطه به نقطه‌ای که پشتوانه شبکه مخابراتی بوده‌اند در حال جایگزینی با فیبرهای نوری هستند. از طرف دیگر بخشی از سیستم‌های

تلفن که قبلاً تماماً شبکه‌ای سیمی بوده جای خود را به تلفن‌های همراه داده‌است. این تغییرات معمولاً تحت تأثیر ظهور تکنولوژی‌های جدید صورت می‌پذیرد.

۲-۱-۱ مروری بر پروتکل های انتقال بی سیم

به انتقال اطلاعات بوسیله امواج الکترومغناطیسی، ارتباط بی سیم گفته می شود. براساس دسته بندی اتحادیه بین المللی مخابرات ITU[۱] باندهای مختلفی برای گستره فرکانسی وجود دارد (جدول ۲-۱). مشخصه فرکانس، برد و نفوذپذیری امواج را مشخص می کند که دو فاکتور مهم در کاربرد امواج رادیویی می باشند. اما برای پیشنهاد استفاده از یک محدوده فرکانس مشخص باید ملاحضات دیگر را نیز درنظر گرفت. هزینه راه اندازی تجهیزات مورد نیاز هر باند یک عامل مهم در انتخاب باند می باشد. بعنوان مثال تجهیزات استفاده شده در باند EHF برای کاربردهای ستاره شناسی، بسیار گرانقیمت می باشد. علاوه بر هزینه تجهیزات، محدوده ای از این باندها تابع قوانین ملی و بین المللی می باشند و علاوه بر هزینه، استفاده از آن برای عموم امکان پذیر نمی باشد. اما در هر یک از این باندها یک محدوده فرکانسی وجود دارد که رایگان و بی نیاز از مجوز می باشد که به باندهای فرکانسی صنعتی، علمی و پزشکی ISM [۲] شناخته می شوند.

جدول ۱-۱: طبقه بندی برخی از باندهای مخابراتی (ITU Radio Regulations , 2008)

نام باند	فرکانس	طول موج در هوا	نمونه استفاده
VHF	۳۰ تا ۳۰۰ مگاهرتز	۱ تا ۱۰ متر	ارتباطات ناوگان دریایی و زمینی، رادیوی غیرحرفه ای
UHF	۳۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاهرتز	۱۰۰ میلی متر تا ۱ متر	تلفن های همراه، پخش تلویزیون
SHF	۳ تا ۳۰ گیگاهرتز	۱۰ تا ۱۰۰ میلی متر	شبکه بی سیم، رادارهای مدرن
EHF	۳۰ تا ۳۰۰ گیگاهرتز	۱ تا ۱۰ میلی متر	ستاره شناسی رادیویی، سنجش از راه دور

[۱] International Telecommunication Union

[۲] Industrial, Scientific and Medical

انتخاب باند مناسب در داخل باندهای ISM به عوامل مختلفی وابسته است. برای بررسی این باندها می توان از چهار مشخصه ضریب نفوذ، برد تحت پوشش، حجم ارسال اطلاعات و نویز پذیری استفاده کرد. فرکانس های پایین ضریب نفوذ بالاتری دارند علاوه بر این با افزایش فرکانس، فرستنده و گیرنده نیاز دارند که به خط دید یکدیگر نزدیکتر شوند. از طرف دیگر فرکانس های بالاتر در حین انتقال حجم بالاتری از اطلاعات، قابلیت نویز پذیری کمتری دارند. با توجه به نوع نیاز، باید مصالحه ای بین این مشخصات مطرح شده برقرار شود. در حال حاضر باند ۲/۵-۴/۲ گیگاهرتز یکی از پرکاربرد ترین باندها می باشد.

در داخل باند ۲/۵ -۲/۴ گیگاهرتز، استاندارد های گوناگونی تعریف شده است که هر کدام دارای مشخصاتی می باشند. از جمله پرکاربردترین استانداردها که در صنایع مختلف استفاده شده است می توان به IEEE 802.11 وای فای[۱] و IEEE 802.15.1 بلوتوث[۲] و IEEE 802.15.4 زیگبی[۳] اشاره کرد. در جدول ۲-۱ مقایسه ای بین بین این سه استاندارد انجام شده است.

با توجه به رشد روزافزون ارتباط بی سیم، بخصوص در تجهیزات پزشکی، توجه و بررسی پارامترهای موثر در کاربرد فرستنده و گیرنده بی سیم بیش از پیش احساس می شود. بازه فرکانس ۲/۵ -۴/۲ گیگاهرتز بعنوان یکی از پرکاربردترین باندهای فرکانسی در وسایل بی سیم می باشد. این بازه فرکانس مصالحه خوبی بین پارامترهای ضریب نفوذ، برد تحت پوشش، حجم ارسال اطلاعات و نویز پذیری برقرار می کند. علاوه بر این وجود این فرکانس در محدوده ISM امکان استفاده رایگان و بدون مجوز آن را فراهم کرده است.

---

[۱] Wifi

[۲] Bluetooth

[۳] ZigBee

جدول ۱-۲ :مقایسه بین وای فای، بلوتوث و زیگبی (IEEE, 2009; Jin-Shyan et al., 2007; Wang et al., 2006)

مشخصه	وای فای	بلوتوث	زیگ بی
مشخصه IEEE	IEEE 802.11	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
نرخ انتقال داده	150 Mbps	1 Mbps	250 Kbps
تعداد کانال های RF	۱۴	۷۹	۱۶
نوع داده	ویدئو، صدا، گرافیک، فایل	صدا، گرافیک، فایل	بسته های داده کوچک
محدوده (متر)	۲۵۰	۱۰	۱۰ تا ۱۰۰
عمر باتری	ساعت ها	یک هفته	بیشتر از یک سال

۲-۱-۱ مناسب ترین شیوه ارتباط بی سیم

زیگبی شبکه بی سیمی ست که ذاتا برای کم کردن مصرف انرژی و هزینه های اولیه راه اندازی شبکه طراحی شده است. کم کردن مصرف انرژی و پایین نگهداشتن هزینه تولید تجهیزات به بهای از دست دادن برد بی سیم تجهیزات و همچنین پایین بودن پهنای باند ارتباط ایجاد شده انجام شده است. لذا در صورتیکه کاربرد شما با این موارد همخوانی دارد می توانید انتظار داشته باشید که زیگبی برای شما بهترین انتخاب است.

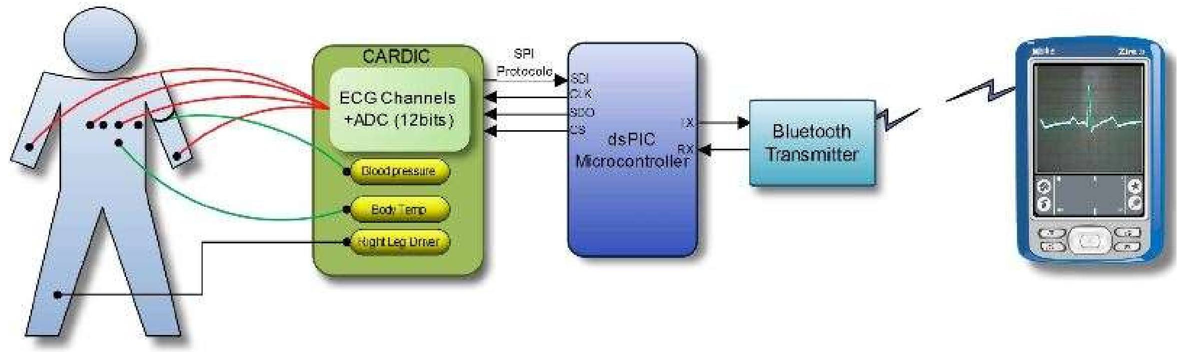
۲-۲ پیشینه تحقیق

ارسال بی‌سیم سیگنال ECG سال‌هاست موضوع مقالات و پایان نامه های دانشگاهی و تحقیقاتی است. در حقیقت کنترل از راه دور در همه زمینه های زندگی بشر مورد توجه بسیار بوده و علاقه دانشجویان و دانشمندان به این موضوع باعث تولید مقالات و پروژه های فراوانی شده است. مهمترین عامل در پیشرفت ارسال بی‌سیم، پیشرفت علم الکترونیک و مخابرات و ابداع روش‌های نوین ارسال و دریافت دیتا در طول زمان بوده است. با پیشرفت علم راه‌ها و روش‌های ارسال و دریافت تغییر نموده و تحت تاثیر آن قرار داشته است.

تاکنون روشهای مختلفی جهت ارسال سیگنال ECG استفاده شده و به نوعی هر بار با آمدن تکنولوژی جدید دانشمندان سعی نموده اند این کار را با آن تکنولوژی انجام دهند. از مهمترین کارهای انجام شده در این زمینه می توان به ارسال سیگنال ECG با استفاده از بلوتوث، وای‌فای نام برد. اخیرا نیز به دلیل تازگی و ویژگی مهم زیگبی که همان مصرف انرژی پائین آن است، سعی شده با استفاده از این تکنولوژی سیگنال ECG ارسال گردد.

T. K. Kho در مقاله خود [۲] سیتمی ارائه داد مبتنی بر تکنولوژی بلوتوث که سیگنال ECG دریافتی را با بلوتوث ارسال و دریافت کرده سپس روی کامپیوتر نمایش می داد. با استفاده از یک برنامه نوشته شده با ویژال بیسیک سیگنال دریافتی را تحلیل و نمایش می‌دهد. در این مقاله از فیلترهای بالاگذر با فرکانس قطع ۲ هرتز و پائین‌گذر با فرکانس قطع ۱۵۰ هرتز استفاده شده است.

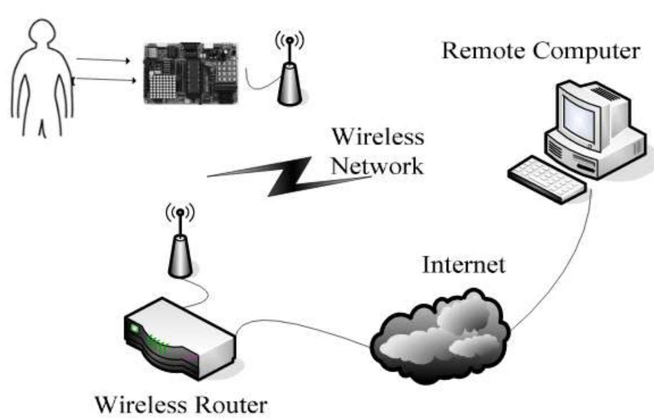
N Belgacem در مقاله خود[۳] یک دستگاه بی سیم مینیاتوری قابل حمل برای اندازه گیری ECG ارائه داد. در این روش بیمار نیاز به حمل تلفن همراه مجهز به بلوتوث دارد. هنگامی که دستگاه حمله قلبی را تشخیص داد ، به تلفن همراه هشدار می دهد که به نوبه خود به طور خودکار از طریق سرور درخواست کمک می کند و موقعیت مکانی بیمار را ارسال می‌کند. در این مقاله نیز از تکنولوژی بلوتوث استفاده شده بود. بلوک دیاگرام این دستگاه در شکل ۲-۱ آورده شده است.



شکل ۲-۱ : دریافت سیگنال حیاتی قلب انسان و ارسال به گوشی موبایل

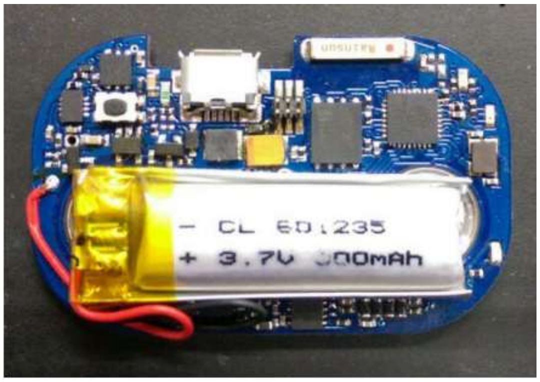
Bin Yu در مقاله خود [۴] سیستم مانیتورینگ طراحی نموده که سیگنالهای ECG دریافتی از لیدها را از طریق بلوتوث انتقال داده ، پردازش کرده و شکل موج ECG را در یک تلفن هوشمند نمایش می دهد. در این مدل با استفاده از انتقال سیگنال قلب به وسیله بلواتوث توانسته دیتا بیسی بسازد که اطلاعات بیماران قلبی در آن جمع آوری و در اختیار پزشک قرار بگیرد.

Jing Liang در مقاله خود [۵] با استفاده از تکنولوژی WiFi سیگنال‌های ECG را ارسال کرد. در اینجا به علت فراگیر شدن پروسسورهای ARM نوآوری که داشت تحلیل این سیگنالها توسط ARM بود و همچنین دیتای بیمار را با استفاده از وای فای بر بستر اینترنت به فاصله ای دورتر ارسال می نماید. در شکل ۲-۲ بلوک دیاگرام این مقاله را می‌بینیم.



شکل ۲-۲ : بلوک دیاگرام انتقال ECG با وای فای

N. A. Abdul-Kadir در مقاله خود[۶] یک کانال ارتباطی بی سیم از ECG با استفاده از یک ماژول ESP8266 وای فای و یک دستگاه سیگنال‌زیستی[۱] BMD101 Neurosky بر روی تراشه (SoC) طراحی کرده است. SoC با یک ساختار قدرتمند DSP طراحی شده که دارای فیلتر ، تقویت کننده ، مبدل آنالوگ دیجیتال ۱۶ بیتی و کلاک مرجع ۲۲/۱ مگاهرتز است. شکل ۲-۳ دستگاه ساخته شده در پایان کار این مقاله را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳ : دستگاه ارسال بی‌سیم سیگنال قلبی با وای‌فای

Hong, Yibin در مقاله خود[۷] جهت کاهش مصرف انرژی انتقال، مدل تبدیل آنالوگ به دیجیتال جدیدی ارائه نموده و در روش بهینه ای در نمونه برداری از سیگنال ارائه نموده است.

Yahia نیز در مقاله خود[۸] به تشریح مزایای ارسال سیگنال ECG به صورت بی‌سیم پرداخته و در نهایت نیز تکنولوژی Zigbee را به عنوان یکی از گزینه های مناسب معرفی نموده است. در این تحقیق بررسی توپولوژی مش در شبکه زیگبی پرداخته و به این نتیجه رسیده است که استفاده از این توپولوژی باعث کمتر شدن مصرف توان، پیکربندی راحت‌تر شبکه، کم شدن تاخیر و از کمتر شدن از دست رفتن بسته دیتا می شود.

Kaur در مقاله خود[۹] به صورت مبسوط به تشریح مزیت استفاده از تکنولوژی Zigbee جهت ارسال سیگنال ECG پرداخته است. و مدل‌های مختلف شبکه Zigbee را توضیح داده است.

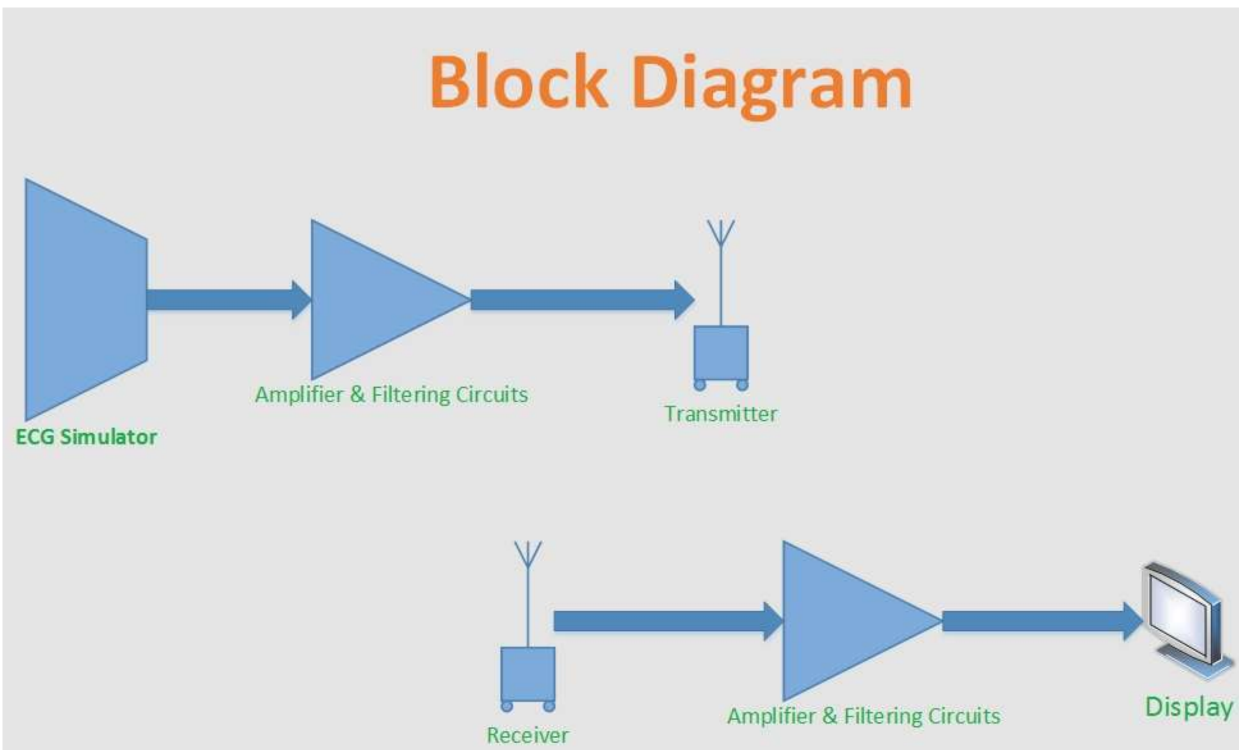
[۱] Bio-signal

فصل سوم

سخت افزار و نرم افزار

بلوک دیاگرام کلی

در این پایان نامه سیگنالهای ECG را توسط یک مدار شبیه ساز تولید می کنیم. مدار می تواند شامل یک اسیلاتور، فیلتر بالاگذر و تقسیم کننده ولتاژ باشد. سپس سیگنال تولیدی را به یک مدار تقویت کننده داده تقویت می کنیم و آنگاه توسط فلیتر میانگذر آن را به باند فرکانسی فرستنده برده و سپس به مدار فرستنده می دهیم. همانطور که در بلوک دیاگرام (شکل ۳ – ۱) کلی مدار می بینید به طور کلی مدار به دو قسمت فرستنده[۱] و گیرنده[۲] تقسیم می شود. فرستنده علاوه بر ارسال سیگنال به خاطر ماهیت شبیه سازی بودن طرح، وظیفه تولید سیگنال ECG را نیز بر عهده خواهد داشت.



شکل ۳ – ۱: بلوک دیاگرام

[۱] Transmitter

[۲] Receiver

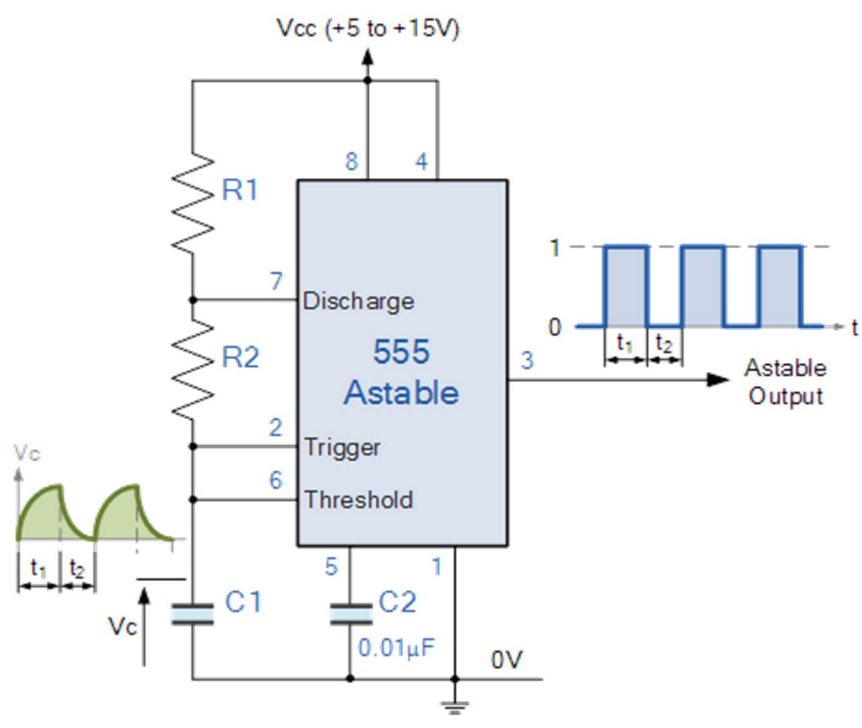
۳-۱ مدار فرستنده:

فرستنده از سه قسمت تشکیل شده است:

۱. بخش تولید سیگنال
۲. بخش مدارات تقویت کننده و فیلترینگ
۳. فرستنده

۳-۱-۱ بخش تولید سیگنال ECG[۱]

این قسمت با استفاده از یک مولتی ویبراتور آاستابل[۲] (شکل ۳ – ۲) با تولید دائم موج مربعی و با استفاده از یکسوساز و مدار RC در خروجی آن، یک سیگنال ECG تولید می کند که فرکانس آن به مقدار مقاومت های R1 و R2 و خازن C1 وابسته است. دامنه آن مثل سیگنال مربعی آاستابل به سطح ولتاژ DC تغذیه آی سی 555 بستگی دارد.[۱۰]



شکل ۳ – ۲ : مولتی ویبراتور آاستابل

---
۱ ECG simulator
۲ Astable Multivibrator

فرکانس سیگنال تولیدی از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2).C}$$

۳-۱-۲ بخش مدارات تقویت کننده و فیلترینگ[۱]

این بخش از دو قسمت کلی تشکیل شده است :

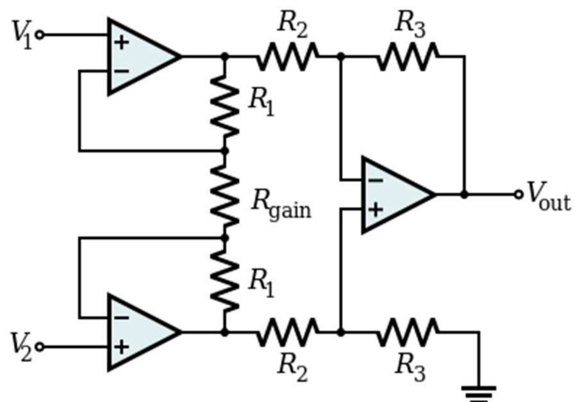
۱. تقویت کننده
۲. فیلترینگ

جهت تقویت سیگنال ضعیف ECG باید حتما از تقویت کننده ابزار دقیق استفاده نمود، تقویت کننده ابزاردقیقی نوعی تقویت کننده دیفرانسیلی است که معمولا دارای دوتا بافر ورودی اضافی است. افزودن مراحل بافر ورودی باعث می شود که آمپلی فایر با مرحله قبل از لحاظ امپدانس مطابقت داشته و به همین دلیل از امپدانس ورودی بسیار بالایی بهره می برد که این ویژگی باعث می‌شود این تقویت کننده بتواند سیگنال‌هایی با دامنه بسیار کم را نیز دریافت و تقویت نماید.[۱۱]

جهت تقویت سیگنال های بیولوژیک و توان خیلی کم نمی توان از تقویت کننده های رایج در الکترونیک استفاده نمود. از این رو حتما باید از تقوت کننده ابزار دقیق[۲] استفاده می شود. این تقویت کننده همچون دیگر تقویت کننده‌های عملیاتی به نوعی تقویت کننده تفاضلی است.

[۱] Amplifier & Filtering Circuits
[۲] Instrumentation amplifier

اندازه گیری سیگنال با استفاده از یک تقویت کننده تک قطبی باعث تقویت سیگنال مشترک و سیگنال اصلی به شکل همزمان می‌شود. با بکارگیری تقویت کننده دیفرانسیلی،چون CMRR خوبی دارد موجب کاهش اثر سیگنال مد مشترک می‌شود. تقویت‌کننده‌های ابزار دقیق، یک تقویت کننده دیفرانسیلی با پهنای باند وسیع، امپدانس ورودی بالا، دارای بهره پایدار و قابل تنظیم، قابلیت حذف مد مشترک بالا، و امپدانس خروجی پایین هستند.[۱۲] از آنها علاوه برتقویت سیگنال اندازه‌گیری شده توسط پراب‌های بیولوژیکی در صنعت نیز جهت تقویت سیگنال‌های اندازه گیری شده توسط تجهیزات وسنسورهای ابزار دقیقی مثل ترموکوپل‌ها و... نیز استفاده می‌شود.



شکل ۳ – ۳ : مدار داخلی یک تقویت کننده ابزاردقیق

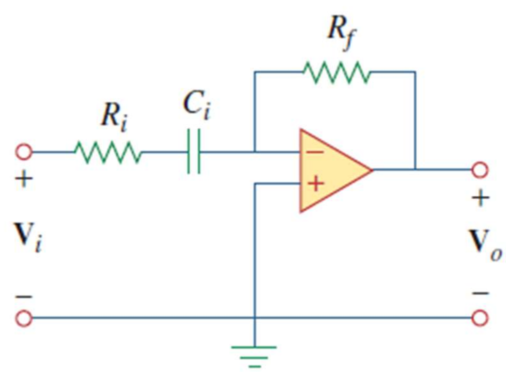
در شکل ۳ – ۳ یک تقویت کنده ابزار دقیق متشکل از سه تقویت کننده عملیاتی نشان داده شده است. این تقویت کننده یک قطعه نسبتاً ازران قیمت با دقت بالاست که دارای بهره قابل تنظیم و بالایی می باشد. این تقویت کننده به صورت آی سی در بازار موجود است. این IC معمولا دارای ۸ پایه با توان مصرفی بسیار پایین است که با اتصال یک مقاومت خارجی بین پایه های ۱ و ۸، می توان بهره آن را بین ۱۰۰۰~۱ تنظیم نمود. رابطه گین آن به صورت زیر است:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_2 - V_1} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right)\frac{R_3}{R_2}$$

با استفاده از فیلتر باید سیگنال دریافتی را به رنج فرکانسی سیگنال ECG ببریم و همزمان نیز نویز وارد شده به آن را حذف کنیم. تنظیم پهنای باند را با استفاده از دوتا فیلتر فعال[۱] و حذف نویز را نیز با استفاده از یک فیلتر شکافی[۲] انجام می‌دهیم.

فیلترهای اکتیو، از ترکیب مقاومت، خازن و تقویت‌کننده عملیاتی تشکیل شده‌اند. این فیلترها، مزیت‌هایی نسبت به فیلترهای RLC پسیو دارند. اول اینکه، فیلترهای اکتیو، کوچک‌تر و ارزان‌تر هستند، زیرا به سلف نیاز ندارند. این موضوع، تعبیه فیلترهای اکتیو را در مدارهای مجتمع تسهیل می‌کند. مزیت دیگر فیلترهای اکتیو این است که می‌توان آن‌ها را با تقویت‌کننده‌های بافر (ولتاژ فالوئرها) برای ایزوله کردن هر طبقه از اثرات امپدانس منبع و بار، فیلتر کرد. با استفاده از این ایزولاسیون می‌توان طبقه‌ها را مستقل از یک‌دیگر طراحی و آن‌ها را برای دست یافتن به تابع تبدیل مورد نظر به‌صورت متوالی به هم وصل کرد.[۱۳]

شکل ۳ – ۴ ، یک فیلتر بالاگذر مرتبه اول را نشان می‌دهد:



شکل ۳ – ۴ : فیلتر بالاگذر مرتبه اول

---

[۱] Active Filter

[۲] Notch filter

این فیلتر از یک فرکانس بالاتر را عبور می‌دهد و از آن فرکانس پائین‌تر را تضعیف و حذف می‌کند. از ویژگی‌های دیگر این فیلتر تقویت سیگنال عبوری از آن به دلیل وجود قطعه فعال OpAmp است. همچنین به علت اتصال سیگنال ورودی به پایه‌ی منفی OpAmp علامت سیگنال در خروجی نیز عوض شده یا به عبارتی سیگنال را وارون[۱] می کند.

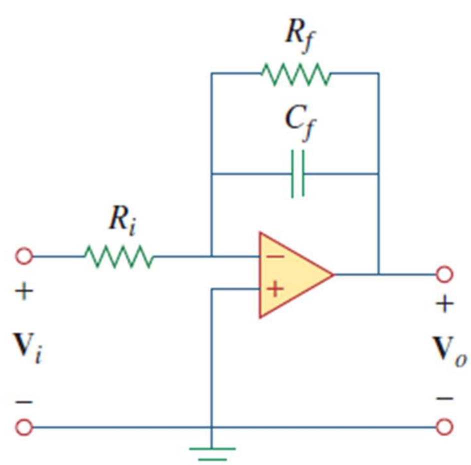
گین تقویت این فیلتر از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\text{Gain (Av)} = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

و فرکانس قطع آن، یعنی فرکانسی که پائین تر از آن را تضعیف می کند از رابطه‌ی زیر به دست می آید:

$$fc = \frac{1}{2\pi RC}\, Hz$$

شکل ۳ – ۵ یک فیلتر پائین‌گذر مرتبه‌ی اول را نشان می‌دهد:



شکل ۳ – ۵ : فیلتر پائین گذر مرتبه اول

این فیلتر سیگنال‌هایی با فرکانس کمتر از فرکانسی مشخص را عبور می‌دهد. یعنی بر عکس فیلتر بالاگذر، سیگنالهایی با فرکانسهای پائین را عبور داده و سیگنالهای با فرکانس بالا را تضعیف و حذف می‌کند.

[۱] Invert

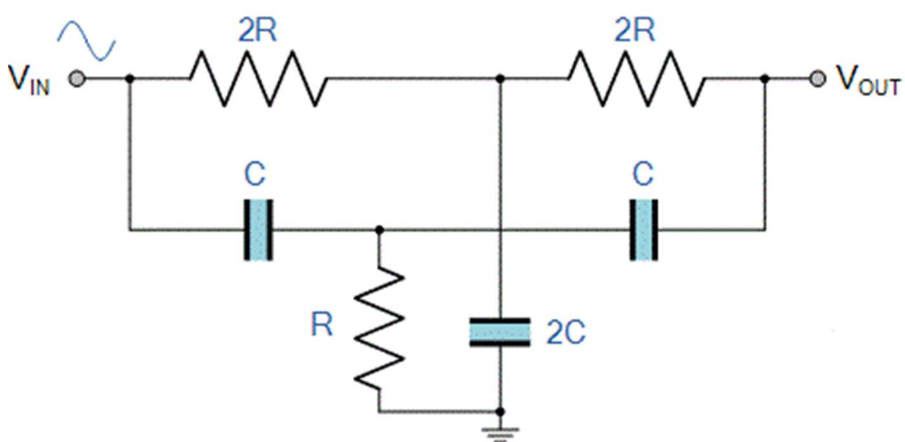
اینجا نیز به همان دلایل بالا سیگنال عبوری هم تقویت شده و هم علامتش برعکس می‌گردد. همچنین گیت تقویتی و فرکانس قطع آن نیز همانند بالاست.

$$fc = \frac{1}{2\pi RC} Hz \qquad \text{Gain (Av)} = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

یکی از مشکلات اساسی تجهیزات ارسال سیگنال الکترونیکی وجود مجاورت برق شهری ۵۰ هرتز و نویز حاصل از ان است. این مدار ما نیز از این قاعده جدا نیست و تداخل نویز ۵۰ هرتز باید از آن حذف شود.

برای این کار از فیلتر شکافی که یکی از انواع فیلترهای میان‌نگذر[1] است. این فیلتر که به خاطر شکل ظاهری آن به فیلتر شکافی T نیز معروف است سیگنال ۵۰ هرتز را به شدت تضعیف و حذف نموده و بقیه سیگنال را عبور می‌دهد.[۱۴]

شکل ۳ – ۶ یک فیلتر شکافی T را نشان می‌دهد:



شکل ۳ – ۶: مدار یک فیلتر شکافیT

[1] Band-pass filter

با استفاده از فرمول :

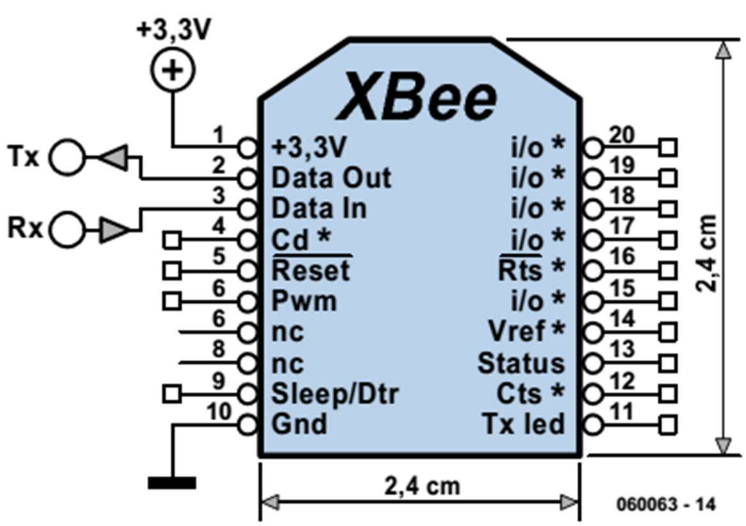
$$f_N = \frac{1}{4\pi RC}$$

و انتخاب شایسته مقاومت R و خازن C می‌توان سیگنالهایی با فرکانس دلخواه را حذف نمود. اینجا ما قصد حذف سیگنال ۵۰ هرتز را داریم.

۳-۱-۳ قسمت فرستنده

در این پایان نامه جهت ارسال سیگنال ها از ماژول زیگبی[۱] استفاده کرده ایم که یک فرستنده و گیرنده دیجیتال کوچک و کم مصرف مبتنی بر استاندارد IEEE۸۰۲.۱۵.۴ برای شبکه های شخصی بی سیم با نرخ ارسال داده پایین است.

زیگبی بطور خاص، برای کاربردهایی با نرخ ارسال پایین داده و باتری هایی با طول عمر بالا استفاده می شود. هرچند در مقایسه با وای فای و بلوتوث سرعت انتقال داده کمتری دارد ولی مصرف پائین انرژی آن بسیار مطلوب ماست.[۱۵] در شکل ۳ – ۷ بلوک دیاگرام درونی زیگبی را می‌بینید:



شکل ۳ – ۷ : بلوک دیاگرام درونی زیگبی

---
۱ XBEE

از نکات مهم و قابل توجه آن می توان موارد زیر را نام برد:

- کار در محدوده فرکانس ۲/۴ گیگا هرتز با سرعت انتقال ۲۵۰ کیلوبیت بر ثانیه.
- تغذیه ۳/۳ ولتی که کارکرد آن را در مدارات کامپیوتری و دارای میکروکنترل راحت می کند.
- پایه های ۲ و ۳ مربوط به ارتباط با پورت سریال است

تنظیمات ماژول زیگبی در فصل چهارم به صورت کاملا گرافیکی توضیح داده شده است. مهمترین قسمت آن مربوط به تعیین گیرنده یا فرستنده بودن ماژول است. با استفاده از نرم افزار رابط مخصوص به شرکت تولید کننده زیگبی[۱] می‌توان آن را کانفیگ نمود.



شکل ۳ – ۸ : ماژول زیگبی

در این مدار که بصورت مجازی[۲] پیاده سازی شده است ارتباط آنلاین مدار با زیگبی با استفاده از برد Arduino برقرار گردیده که در مدار عملی نیز باید زیگبی به همین صورت تنظیم گردد با این تفاوت که در اینجا برخلاف مدار عملی به صورت آنلاین به Arduino متصل است. شکل ۳ – ۸ تصویر یک ماژول زیگبی (Xbee) را نشان می‌دهد.

---
۱ Digi - www.digi.com

۲ Virtual

۳-۲ مدار گیرنده

مدار گیرنده شامل سه قسمت زیر است :

۱. قسمت گیرنده
۲. قسمت مبدل دیجیتال به آنالوگ[۱]
۳. قسمت فیلترینگ خروجی[۲]

۳-۲-۱ قسمت گیرنده بی سیم

اولین قسمت این بخش، قسمت گیرنده بی‌سیم است که از ماژول زیگبی به نام Xbee است که جهت ارتباط با مدار به یک برد Arduino در این قسمت قرار دارد. چون این ماژول زیگبی، عکس ماژول زیگبی فرستنده وظیفه دریافت سیگنال‌های ارسالی را دارد پس باید در هنگام کانفیگ آن، به عنوان گیرنده تعریف گردد.

قسمت گیرنده علاوه بر ماژول زیگبی از یک برد Arduino جهت ارتباط آنلاین زیگبی با مدار قرار دارد. وظیفه این برد Arduino ارتباط با زیگبی با پورت سریال است. سیگنال دریافتی زیگبی، توسط برد Arduino به صورت دیتای ۸ بیتی دیجیتال تبدیل شده و به قسمت بعدی منتقل می‌گردد.

۳-۲-۲ قسمت مبدل دیجیتال به آنالوگ

جهت نمایش سیگنال دریافتی از زیگبی نیاز داریم تا اطلاعات دیجیتال ورودی را به آنالوگ تبدیل کنیم، دیتای ورودی پس از دریافت توسط ماژول زیگبی تحویل برد Arduino می‌شود. Arduino سیگنال آنالوگ دریافت می کند ولی دیتای خروجی آن به صورت سریال و دیجیتال خواهد بود.

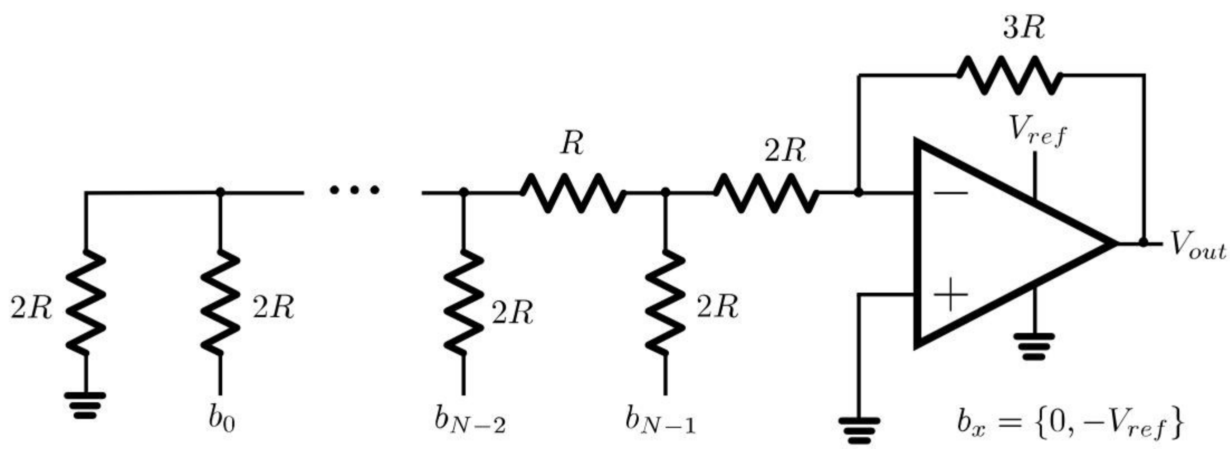
برای حل این مشکل از مدار تبدیل دیجیتال به آنالوگ R-2R یا نردبان مقاومتی[۳] استفاده نمودیم.

---
[۱] D/A Convertor
[۲] Output Filters
[۳] R–2R Resistor Ladder Network

۳-۲-۳ مبدل D/A نردبان مقاومتی

به نوعی با استفاده از وزن مقاومتهای سری و موازی شده به صورت نردبان سیگنال آنالوگ را تولید می‌کنیم. چون در این روش دو دسته مقاومت با مقادیر R و 2R وجود دارند، این روش را نردبانی R-2R می نامند. [۱۶]

در شکل ۳ – ۹ نمونه این مبدل D/A را می‌بینید:



شکل ۳ – ۹ : مبدل D/A مقاومتی

در این مدار با اعمال دیتای سریال به صورت ۸ بیتی به b_X در هر حالت V_{out} متناسب با آن را به دست می‌آوریم. یعنی در این مدار N=8 خواهد بود و ما 2^8 یعنی ۲۵۶ حالت مختلف برای bها خواهیم داشت که در هر حالت یه ولتاژ متفاوت برای V_{out} به دست می‌آید. اگر بعد از بدست آوردن هر V_{out} به اندکی تاخیر داده و b_X بعدی را به مدار اعمال کنیم در اینصورت مقادیر V_{out} در کنار هم قرار گرفته و سیگنال آنالوگ مورد نظر ما را خواهند ساخت. ولتاژ V_{out} از رابطه زیر بدست می آید:

$$V_{out} = -\frac{R}{R_{in}}(-V_{ref}) = \sum_{n=0}^{N-1} b_n \frac{V_{ref}}{2^{N-n}} \qquad \textbf{1-3}$$

بدیعی است زمان تاخیر ضربدر تعداد b_Xهای اعمالی (در اینجا ۲۵۶ تا) دوره تناوب سیگنال خروجی و عکس آن فرکانس سیگنال را مشخص خواهند کرد.

اختصاص اعداد باینری به ورودی و اعمال تاخیر و مدیریت آن را توسط برد Arduino و برنامه ای که برایش نوشته ایم کنترل می‌کنیم. در این برنامه با استفاده از پورت A در برد Arduino مدل مگا اینکار را انجام دهیم. [۱۷] شکل ۳ – ۱۰ برنامه نوشته شده جهت این‌کار را نشان می‌دهد.

```
dac §

byte sine[] = {127, 134, 142, 150, 158, 166, 173, 181, 188, 195, 201, 207, 213,
219, 224, 229, 234, 238, 241, 245, 247, 250, 251, 252, 253, 254, 253, 252, 251,
250, 247, 245, 241, 238, 234, 229, 224, 219, 213, 207, 201, 195, 188, 181, 173,
166, 158, 150, 142, 134, 127, 119, 111, 103, 95, 87, 80, 72, 65, 58, 52, 46, 40,
34, 29, 24, 19, 15, 12, 8, 6, 3, 2, 1, 0, 0, 0, 1, 2, 3, 6, 8, 12, 15, 19, 24,
29, 34, 40, 46, 52, 58, 65, 72, 80, 87, 95, 103, 111, 119,};

void setup(){
  //set digital pins 0-7 as outputs
  for (int i=0;i<8;i++){
    pinMode(i,OUTPUT);
  }
}

void loop(){
  for (int t=0;t<100;t++){//increment "t"
    PORTA = sine[t];//send sine wave to DAC, centered around (127/255)*5 = 2.5V
    delayMicroseconds(50);//wait 50us
  }
}
```

شکل ۲ – ۱۰ : برنامه دیجیتال به آنالوگ برای آردینو

با هر بایت اطلاعاتی که به آردینو می‌رسد باید با استفاده از فرمول 1-3 خروجی را حساب کند که این سرعت را پائین می‌آورد، در این برنامه جهت افزایش سرعت آردینو همه ۲۵۶ ولتاژ را با استفاده از نرم افزار متلب محاسبه کرده و به صورت آرایه ای به آن آدرس می دهیم.

۳-۲-۴ فیلترینگ خروجی

سیگنال تولید شده توسط مبدل دیجیتال به آنالوگ باید فیلتر شده تا در رنج فرکانسی سیگنال ECG قرار گیرد. برای این موضوع از دوتا فیلتر بالاگذر و پایین گذر پشت سر هم استفاده شده تا جمعا به عنوان فیلتر میانگذر تنها اجازه عبور سیگنال ECG را بدهد.

به علت شباهت کار فیلترهای گیرنده با فیلترهای مدار فرستنده از توضیح اضافی آن خودداری می کنم.

۳-۳ نرم افزار

این پایان نامه به خاطر ماهیت شبیه سازی بودنش، به نرم افزارهای کامپیوتری برق وابسته است. بیشترین نرم افزارهای مورد استفاده عبارتند از :

۱. نرم افزار شبیه سازی پروتئوس[۱]
۲. نرم افزار پروگرام Arduino
۳. نرم افزار پروگرام Zigbee
۴. نرم افزار متلب[۲]

۳-۳-۱ نرم افزار پروتئوس

پروتئوس نرم افزاری کاربردی جهت طراحی مدارات الکتریکی می باشد. Proteus مجموعه ای از یک سیستم شبیه سازی مدارات بر مبنای مدل های قطعات الکتریکی در PSpice است. یکی از ویژگی های متمایز Proteus امکان مدل سازی از ماژول‌های قابل برنامه ریزی مانند میکروکنترلرها ،میکروپروسسورها ، Arduino ، Zigbee و ... می باشد. این برنامه شامل مدل هایی از اغلب قطعات الکترونیکی برای شبیه سازی های تخصصی و برمبنای استانداردهای این حوزه می باشد. این نرم افزار حتی قابلیت طراحی بورد مدارچاپی (PCB) را هم دارد هرچند قدرت آن در این زمینه به نرم افزارهایی مثل آلتیوم یا EAGLE نمی رسد. در واقع می توان مدعی شد که Proteus یکی از نرم افزار های مطرح در زمینه شبیه سازی و تست مدارات الکترونیک می باشد.

جهت شبیه سازی این پایان نامه، نیاز بود تا کتابخانه آن به روز شده و کتابخانه مربوط به Arduino و Zigbee به آن اضافه گردد. به نوعی نرم افزار محوری و اصلی ما همین پروتئوس است.

---
[۱] Proteus
[۲] Matlab

۲-۳-۳ نرم افزار پروگرام Arduino

تقریبا همه ما با میکروکنترل‌های خانواده AVR آشنا هستیم. این میکروکنترلر محصول شرکت Atmel است که معروفترین آن یعنی AVR Atmega32 یک تراشه یکپارچه ۴۰ پینی است که در آن ۳۲ پین پین ورودی / خروجی در قالب چهار پورت هستندPORTA ،، PORTB، PORTC وPORTD و بقیه پین ها منبع ولتاژ، زمین، مرجع آنالوگ، کریستال و reset هستند. [۱۸]

می‌دانیم که این تراشه به تنهایی کارایی ندارد و حداقل برای راه‌اندازی آن باید ابتدا به تغذیه مناسب و زمین وصل شود آنگاه با استفاده از پراگرامر مخصوص برای انجام کاری خاص برنامه نویسی و پروگرام گردد. بطور خلاصه آردینو یک تراشه آماده است که روی یک برد قرار گرفته که با اتصال پورت USB این برد به کامپیوتر هم تغذیه تراشه تامین می شود و هم به راحتی می توان آن را پروگرام نمود.

شرکت سازنده آردوینو، یک نرم‌افزار متن باز اختصاصی برای برنامه‌نویسی بردهای خود تهیه کرده‌است که به نام Arduino IDE شناخته می‌شود. شیوه نگارش دستورها در این نرم‌افزار، تا حدود زیادی مشابه برنامه‌نویسی به زبان C و C++ است. آردوینو، بردهای الکترونیکی مختلفی را به عنوان سخت‌افزار آردوینو به کاربران خود معرفی نموده‌است.

پر مصرف‌ترین سخت‌افزار آردوینو، Arduino UNO است که در مدار فرستنده این پایان نامه هم جهت ارتباط با فرستنده زیگبی استفاده شده است. ولی در مدار گیرنده چون نیاز به همه پین‌های پورت Arduino جهت کنترل ورودی A/D بودیم و در برد Arduino UNO دوتا از پایه های تنها پورت ۸ بیتی آن یعنی پورت D جهت ارسال و دریافت پورت سریال استفاده شده است مجبود به استفاده از Arduino Mega که مدلی بالاتر از آن است شدیم و با استفاده از پورت A آن کار سوئیچ و کنترل ورودی A/D را انجام دادیم.[۱۹]

۳-۳-۳ نرم افزار پروگرام Zigbee

ماژول Zigbee استفاده شده در این پایان‌نامه ماژول Xbee محصول شرکت DIGI است که این شرکت جهت کانفیگ و انجام تنظیمات شبکه زیگبی یک رابط کاربری و نرم افزار ارائه نموده که به راحتی با ماژول ارتباط گرفته و آن را تنظیم میکند.

در این نرم افزار نیاز به دانش برنامه نویسی نیست و با انتخاب چند گزینه به صورت مناسب می توان Xbee را تنظیم نمود. تنظیمات آن به صورت گرافیکی در فصل چهارم آمده است.

۴-۳-۳ نرم افزار متلب

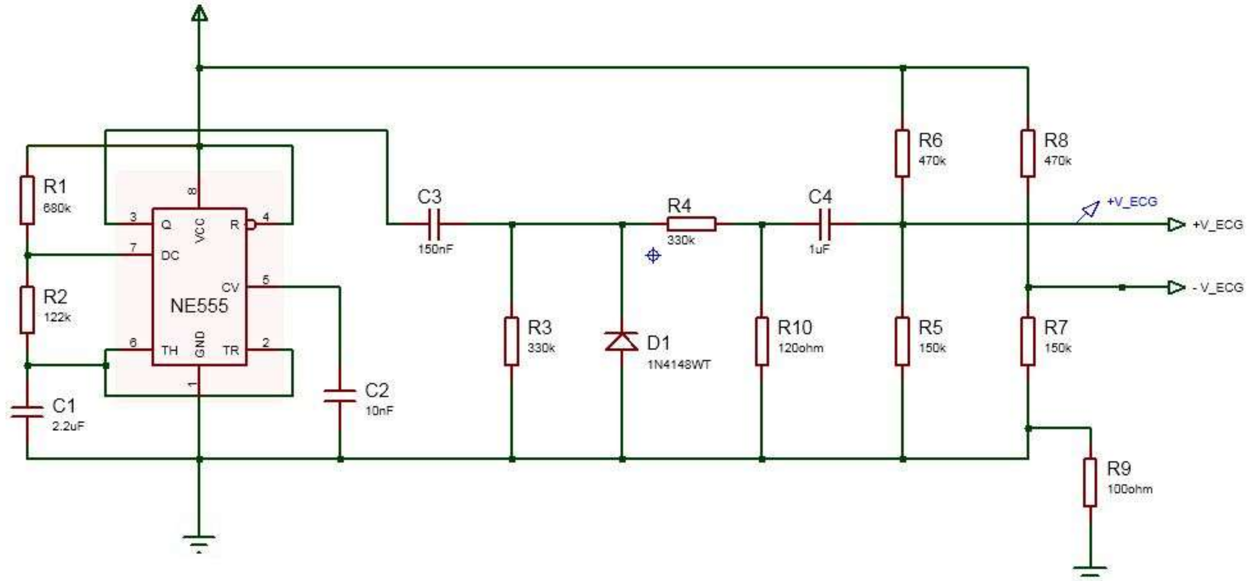
در قسمت مبدل دیجیتال به آنالوگ باید اعداد ۸ بیتی باینری را از پورت سریال به مدار A/D بدهیم. این مدار با هر بار دریافت کد باینری، با استفاده از فرمول ثابتی مقدار ولتاژ خروجی آن را حساب می کند. و این عمل باید متناوب در برد آردینو تکرار شود، جهت افزایش سرعت عمل مدار چون تعداد حالت‌های پیشامد معلوم است(256) با استفاده از نرم افزار متلب تمام این ۲۵۶مورد را محاسبه نموده و با استفاده از عملگر آرایه در برنامه آردینو استفاده نمودیم.

فصل چهارم

شبیه سازی

۴-۱ مدار شبیه ساز سیگنال ECG

با استفاده از مولتی ویبراتور آاستابل و مدار زیر یک سیگنال ECG را شبیه‌سازی می‌کنیم شکل ۴ – ۱:



شکل ۴ – ۱: مدار شبیه ساز سیگنال ECG

مولتی ویبراتور آستابل[۱] را می‌توان جزو نوسان‌سازهای آزاد گرد[۲] محسوب کرد که به صورت مداوم بین دو حالت در نوسان هستند و یک موج خروجی به شکل دو مربع ایجاد می‌کنند. این مدارات نه تنها بسیار ساختاری ساده و قابل اعتماد دارند، بلکه در خروجی یک شکل موج مربعی ثابت تولید می‌کنند که در اکثر مدارات، بسیار مورد نیاز است.

بر خلاف مولتی ویبراتورهای مونو استابل[۳] و یا مولتی ویبراتورهای بای استابل[۴] که به یک پالس تریگر خارجی برای عملکرد خود نیاز دارند، مولتی ویبراتورهای آستابل دارای پالس تریگر داخلی اتوماتیک هستند که به صورت مداوم مولتی ویبراتور آستابل را بین دو حالت ناپایدار خود کلیدزنی می‌کند. [۲۰]

[۱] Astable Multivibrator
[۲] Free Running
[۳] Monostable Multivibrator
[۴] Bistable Multivibrator

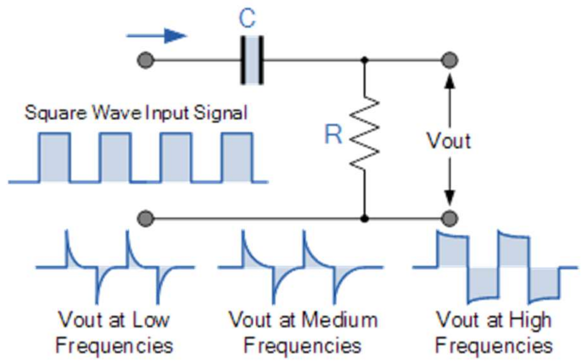
قطعات مورد استفاده در این مدار عبارتند از :

IC : NE555
Diode: 1N4148
Resistors:
R1= 680 kΩ
R2= 122 kΩ
R3= 330 kΩ
R4= 330 kΩ
R5= 150 kΩ
R6= 470 kΩ
R7= 150 kΩ
R8= 470 kΩ
R9= 100 Ω
R10= 120 Ω
Capacitors:
C1= 2.2 uF
C2= 10 nF
C3= 150 nF
C4= 1 uF

با استفاده از یک خازن و یک مقاومت سری که ورودی به خازن داده شده باشد و خروجی را از دوسر مقاومت و زمین بگیریم یک فیلتر بالاگذر ساخته می شود. در عین حال این مدار مشتق گیر[۱] نیز نام دارد. یعنی در صورتی که یک سیگنال به ورودی آن بدهیم در خروجی مشتق آن را خواهیم داشت. پس در صورتی که یک سیگنال پالس به مشتقگیر بدهیم در نقاط ناپیوستگی، مشتق آن یعنی تابع ضربه[۲] خواهیم داشت.

[۱] Differentiator Circuit
[۲] Dirac delta function

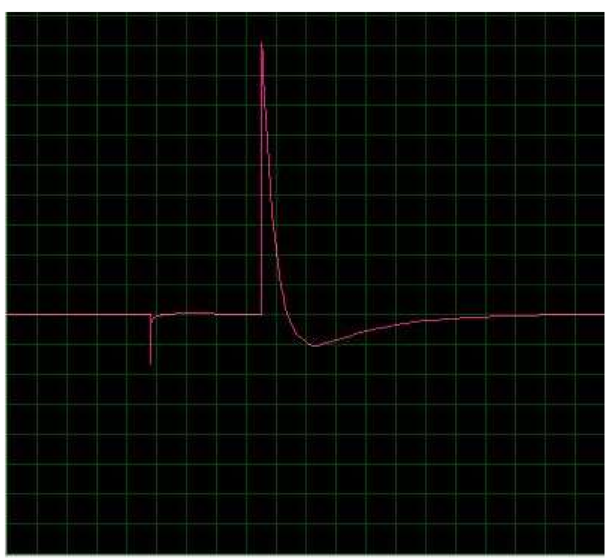
در شکل ۴ – ۲ این مطلب به صورت واضح نشان داده شده است.[۱۴]



شکل ۴ – ۲ : مدار مشتق‌گیر

اگر دقت کنیم سیگنال ECG نیز از سه تا سیگنال ضربه تشکیل شده که می توانیم با تنظیم فرکانس و دوره کاری[۱] موج مربعی تولیدی توسط آی سی ۵۵۵ و مشتق گیری از آن سیگنال ECG را تولید کرد. استفاده از دیود جهت تولید این سیگنال در دو جهت مثبت و منفی است، دیود نیم سیکل منفی پالس مربعی و مشتق آن را برای خروجی مثبت حذف کرده و همین کار را برای خرجی منفی با حذف نیم سیکل مثبت انجام می‌دهد.

خروجی نهایی این مدار در شکل ۴ – ۳ نشان داده شده است.



شکل ۴ – ۳ : سیگنال خروجی شبیه سازECG

[۱] Duty Sicle

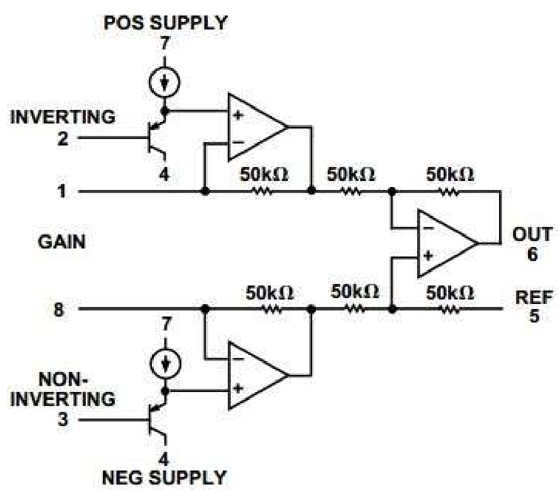
با استفاده از تغذیه DC آی سی ۵۵۵ می توان دامنه سیگنال خروجی را افزایش داد ولی به دو دلیل در این کار را نکردیم تا همانطور که می بینید اندکی با کمبود سطح دامنه سیگنال مواجه باشیم!:

۱. معمولا تغذیه آی سی ۵۵۵ بین ۳ ولت تا ۱۵ ولت DC می تواند باشد ولی جهت هماهنگی بین تغذیه DC همه مدار و به این دلیل که در این پایان نامه قصد استفاده از تغذیه ۳/۳ ولتی را داریم لذا تغذیه این مدار را نیز ۳/۳ ولت استفاده نمودیم.

۲. در واقعیت نیز سیگنال ECG یک سیگنال ضعیف و با دامنه کم است و لذا جهت انجام شبیه سازی نزدیک به واقعیت دامنه آن را کم انتخاب نمودیم.

۴-۲ مدار تقویت کننده ابزاردقیق[1]

در این مدار از معروف‌ترین تقویت کننده ابزاردقیقی یعنی AD623 استفاده نموده ایم که یک آی سی ۸ پایه است. شماتیک داخلی این آی سی در شکل ۴ – ۴ نشان داده شده است. [۲۱]

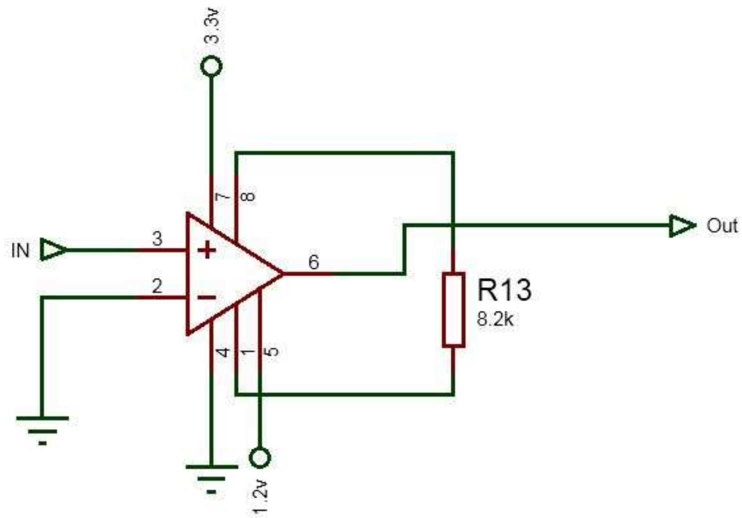


شکل ۴ – ۴ : مدار داخلی آی سی AD623

[1] Instrumentation amplifier

مقدار امپدانس یا مقاومت موجود بین پایه های ۲ و ۸ گین تقویت کننده را مشخص می کند:

$$V_O = \left(1 + \frac{100\ k\Omega}{R_G}\right) V_C$$



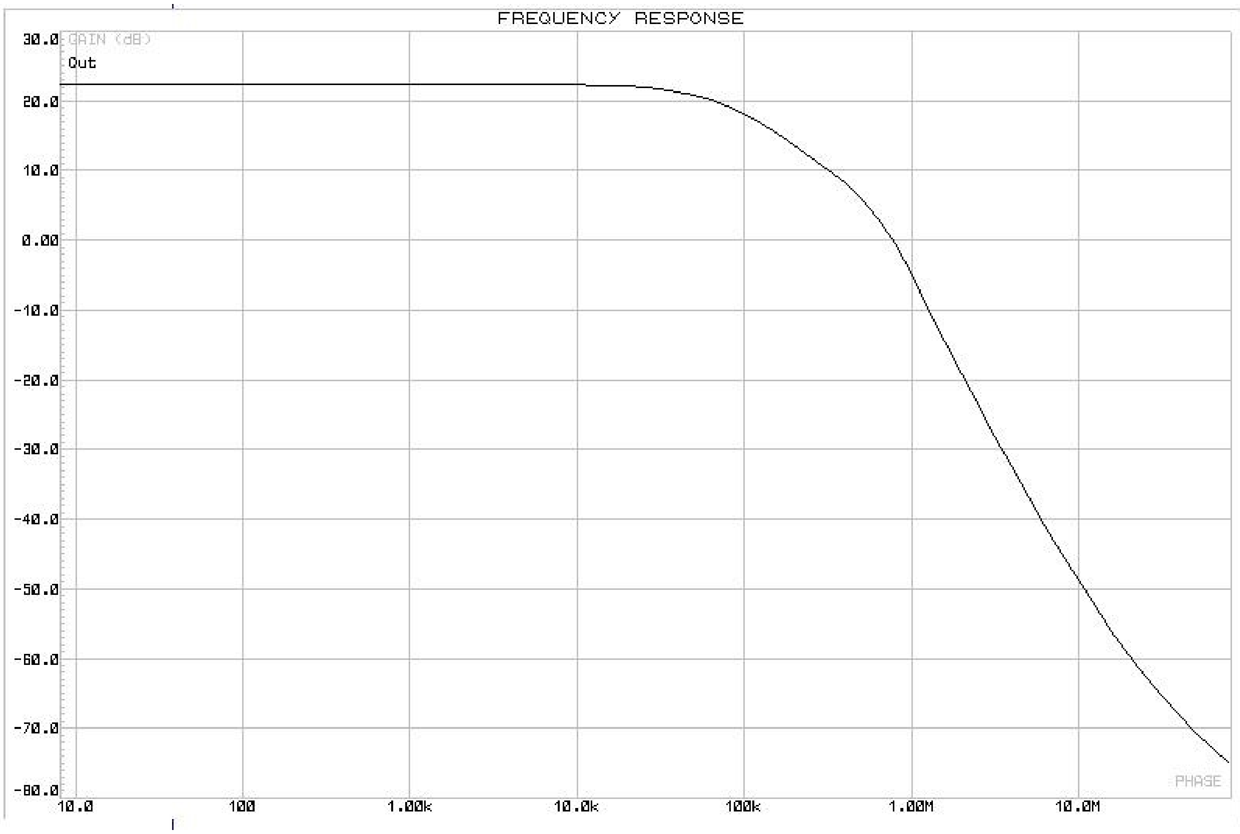
شکل ۴ – ۵ : مدار تقویت کننده ابزاردقیق

قطعات مورد استفاده در این مدار عبارتند از :

IC : AD623 R13= 8.2 kΩ

شکل ۴ – ۵ مدار تقویت کننده ابزاردقیقی این مدار با مقاومت $R_G \approx 8K$ با توجه به نامتقارن بودن تغذیه OpAmp گین محاسبه شده برای آن توسط نرم افزار پروتئوس برابر ۲۲/۴ بدست آمد.

شکل ۴ – ۶ پاسخ فرکانسی آن است که نشان می‌دهد که این تقویت کننده در بازه ۱ تا ۱۰۰کیلو هرتز با این گین تقویت کرده و سیگنال با فرکانسی بالاتر از ۱۰۰ کیلوهرتز را تضعیف و حذف می کند.

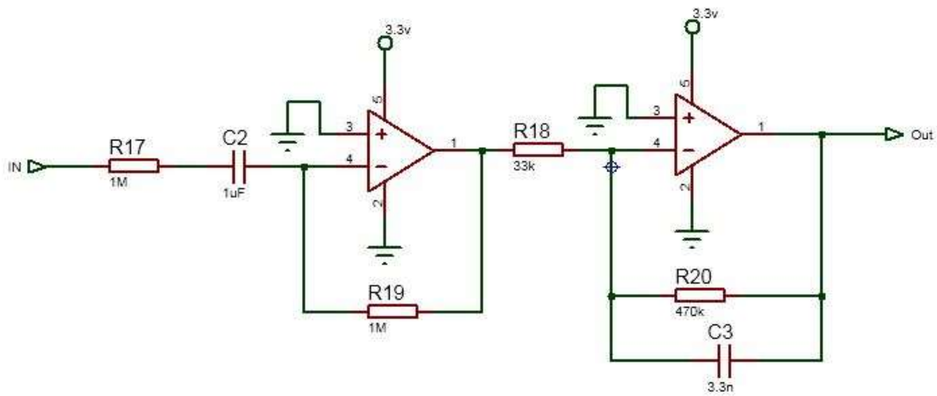


شکل ۴ – ۶ : پاسخ فرکانسی تقویت کننده ابزاردقیق

جهت حذف حالت مشترک در این تقویت کننده و افزایش ضریب CMRR آن از یک فیدبک استفاده می شود و در عمل آن را به مچ پای راست وصل می کنند. این فیدبک نقش ولتاژ مرجع را برای سیگنال ECG حاصله از بیمار دارد. در اینجا آن را زمین کرده ایم چون نویز ورودی و سیگنال مزاهمی در حالت شبیه سازی وجود ندارد که نیاز به حذف آن باشد.

۴-۳ مدار فیلتر میانگذر[۱]

جهت انتقال سیگنال تقویت شده به باند سیگنال ECG (0.5-100 Hz) از یک فیلتر بالاگذر فعال و در ادامه یک فیلتر پائین‌گذر فعال استفاده کرده ایم. شکل ۴ – ۸ مدار این مجموعه فیلتر را نشان می‌دهد.[۱۳]



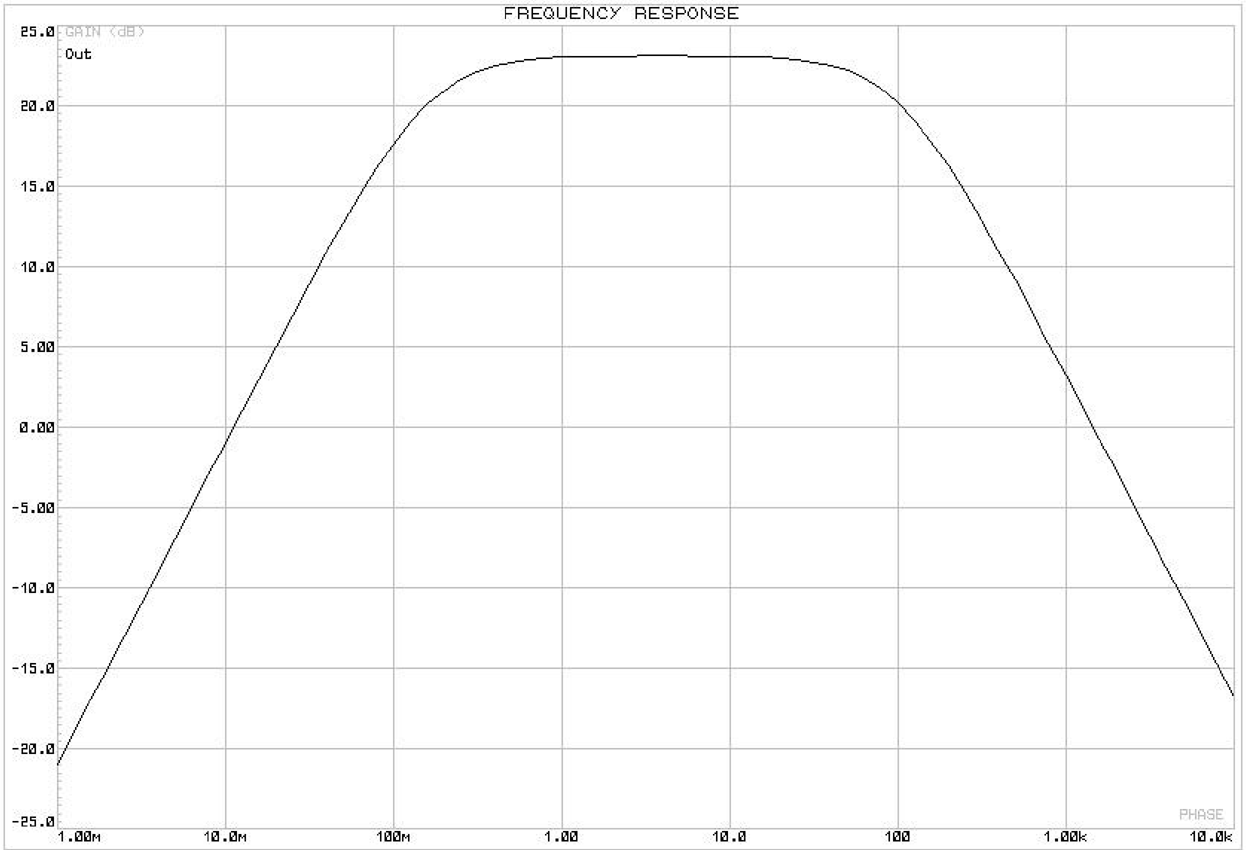
شکل ۴ – ۸ : مجموعه فیلتر میانگذر

قطعات مورد استفاده در این مدار عبارتند از:

IC1 & IC2 = AD623
R17= 1MΩ
R18= 3.3KΩ
R19= 1MΩ
R20= 470kΩ
C2= 1Uf
C3= 3.3 nF

[۱] Band Pass Filter

نمودار پاسخ فرکانسی این فیلتر در شکل ۴ – ۹ نشان داده شده است.

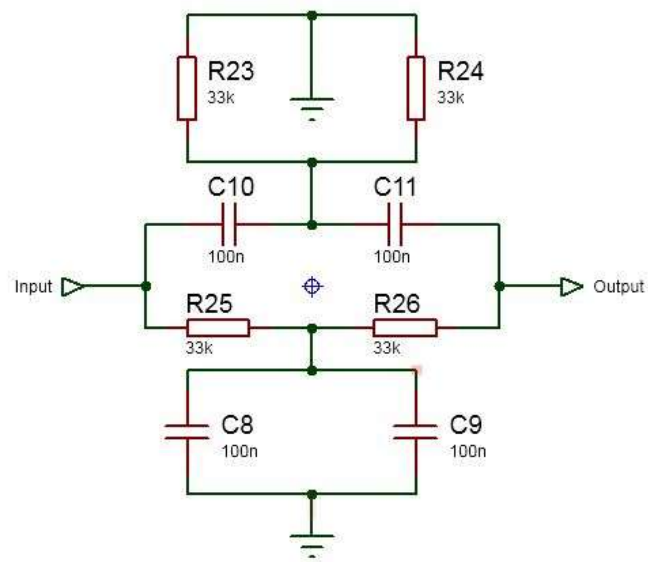


شکل ۴ – ۹ : پاسخ فرکانسی فیلتر میانگذر

همانطور که می بینید این فیلتر سیگنالهایی در محدوده ۱ میلی هرتز تا ۱۰۰ هرتز را با گین ۲۵ عبور می دهد.

۴-۴ مدار فیلتر شکافی ۵۰ هرتز

جهت حذف تداخل برق ۵۰ هرتز شهر از یک مدار فیلتر دوبل T استفاده کرده ایم که چون توانایی حذف یک تک سیگنال را با دقت خیلی خوب دارد و مثل این است که در پهنای باند شکافی ایجاد می کند به فیلتر شکافی نیز مشهور است. سعی کرده‌ایم با انتخاب شایسته مقاومت و خازن‌های آن دقیقا فرکانس ۵۰ هرتز را تضعیف و حذف نماییم. شکل ۴ – ۱۰ مدار این فیلتر را نشان می دهد.[۱۳]



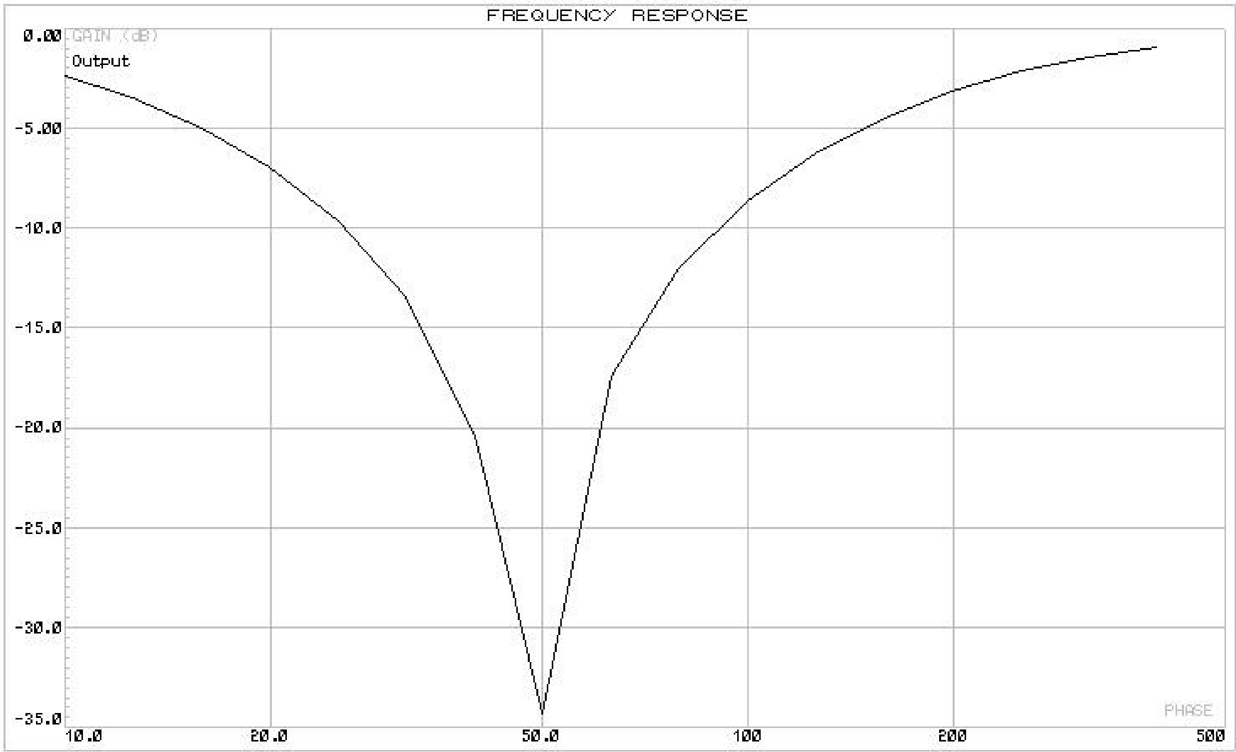
شکل ۴ – ۱۰: مدار فیلتر شکافی

قطعات مورد استفاده در این مدار عبارتند از:

R23= R24= R25= R26= 33KΩ

C8= C9= C10= C11 = 100nF

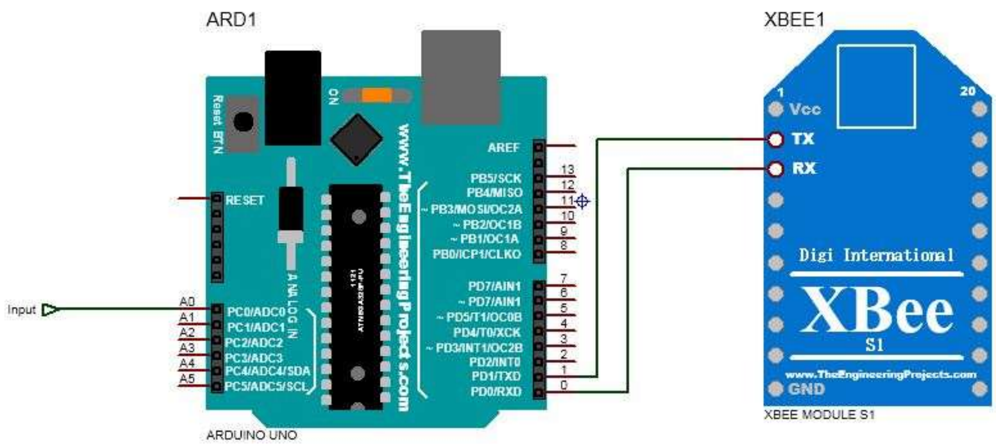
پاسخ فرکانسی آن نیز در شکل ۴ – ۱۱ نشان داده شده است. همانطور که در شکل می‌بینید با دقت خوبی یک شکاف در فرکانس ۵۰ هرتز داریم.



شکل ۴ – ۱۱ : پاسخ فرکانسی فیلتر شکافی ۵۰ هرتز

۴-۵ مدار فرستنده

سیگنال خروجی فیلتر شکافی آماده ارسال است، لذا با استفاده از برد Arduino آنرا به ماژول زیگبی می دهیم تا جهت ارسال به ماژول زیگبی گیرنده آماده نماید. برد آردینو برای شبیه‌سازی خروجی است وگرنه در مدار واقعی تنها جهت تامین تغذیه ماژول زیگبی استفاده می‌شود.شکل ۴ – ۱۲ نحوه اتصال برد Arduino به ماژول زیگبی را نشان می‌دهد.[۲۲]



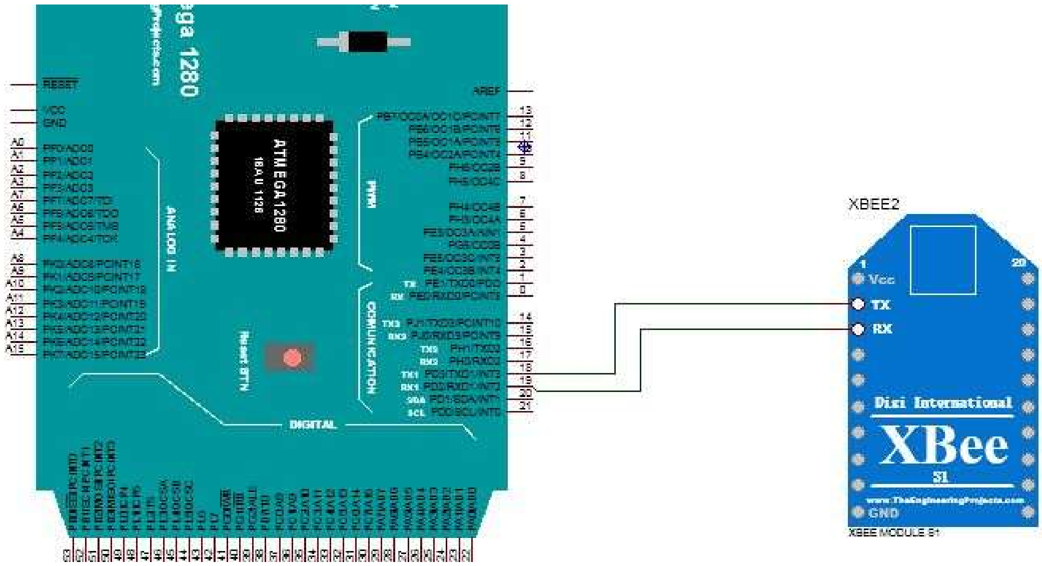
شکل ۴ – ۱۲: نحوه اتصال برد Arduino به ماژول زیگبی

جهت ارتباط این دوماژول باید پایه TX به TX و پایه RX به RX متصل گردد.

۴-۶ مدار گیرنده

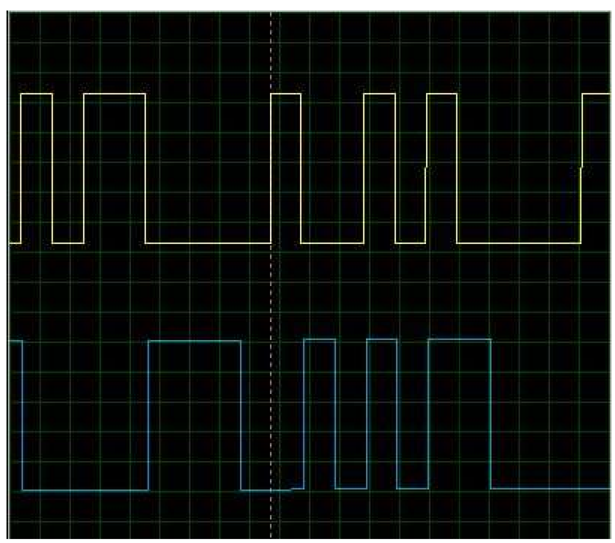
سیگنال ارسالی از زیگبی شماره ۱ که نقش فرستنده دارد توسط ریگبی شماره ۲ که نقش گیرنده دارد دریافت می گردد. در اینجا جهت انجام شبیه سازی از پورت سریال دو ماژول زیگبی استفاده کرده ایم که در این صورت سیگنال رد و بدل شده به صورت دیتای سریال خواهد بود. همانطور که قبلا نیز اشاره شد برای ارتباط زیگبی گیرنده با آردینو از Arduino Mega استفاده شده تا بتوان از پورت A آن که کامل در اختیار ماست استفاده شود. در صورتی در خروجی نیز از UNO استفاده می کردیم به علت مشغول بودن دوتا از پایه های تنها پورت ۸بیتی آن یعنی پورت D، دوتا از بیتهای دیتا قابل دریافت نبود.[۱۹]

شکل ۴ – ۱۳ مدار گیرنده را نشان می‌دهد.



شکل ۴ – ۱۳ : نحوه اتصال برد Arduino به ماژول زیگبی در گیرنده

در شکل ۴ – ۱۴ سیگنال سریال رد و بدل شده بین دو زیگبی نشان داده شده است.

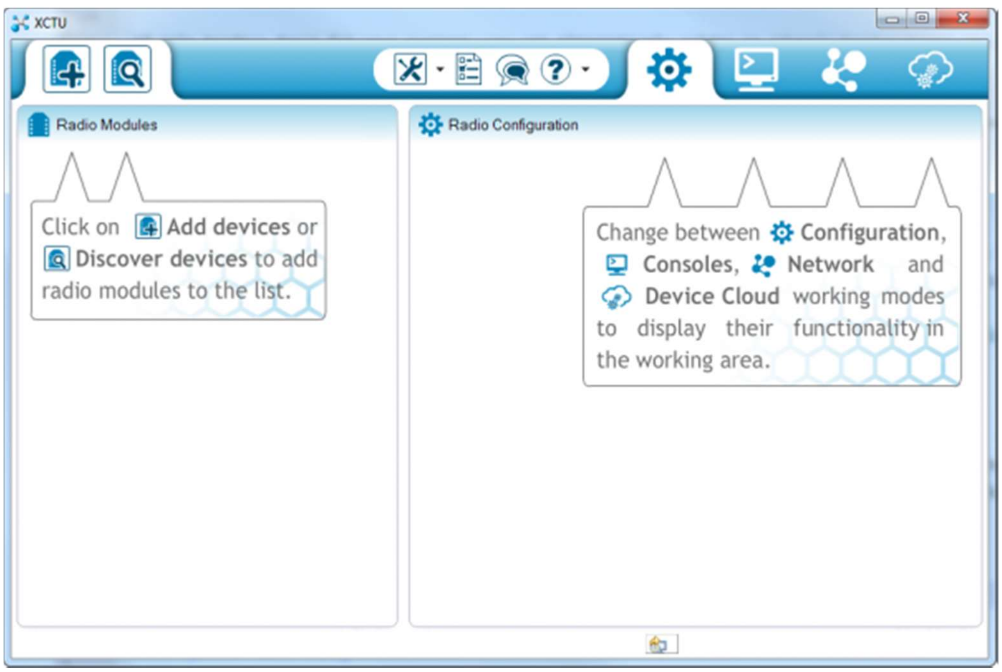


شکل ۴ – ۱۴ : سیگنال سریال رد و بدل شده بین دو زیگبی

۴ – ۷ مراحل تنظیم ماژول زیگبی

جهت تنظیم ماژول زیگبی به برنامه رابط مخصوص آن یعنی X-CTU که محصول شرکت سازنده زیگبی یعنی شرکت DIGI[1] است داریم. آن را دانلود و نصب می‌کنیم. نصب آن بسیار ساده و شبیه نصب بیشتر نرم افزارهای ویندوز است.

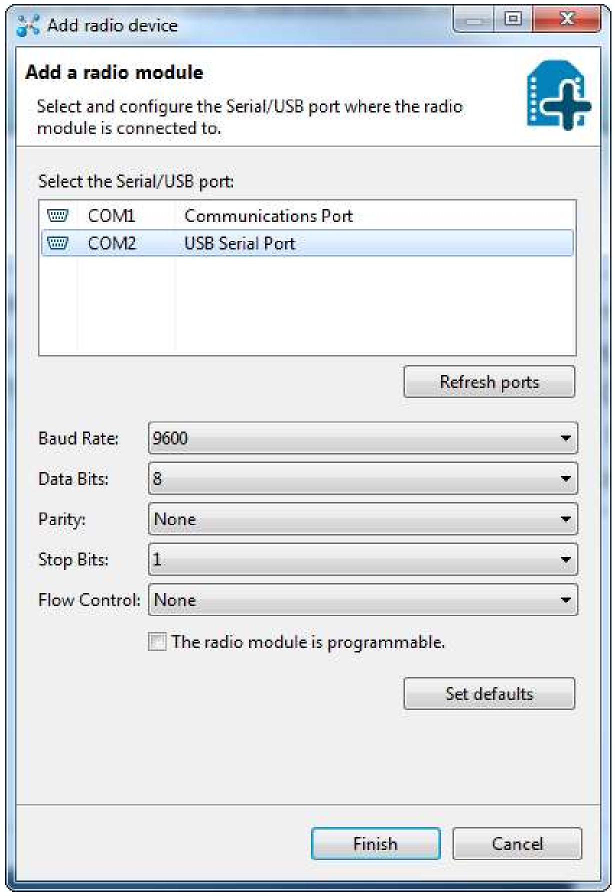
۱. ابتدا ماژول را با USB به کامپیوتر وصل می کنیم. حال پس از نصب و اجرای نرم افزار X-CTU شکل ۴ – ۱۵ نمایش داده می‌شود.



شکل ۴ – ۱۵ : صفحه اول X-CTU

[1] www.digi.com

ابتدا باید دستگاه یا ماژول زیگبی را به این نرم افزار اضافه نمود. روی گزینه **click the "Add device" icon** در بالا و سمت چپ این پنجره کلیک می‌کنیم. تا شکل ۴ – ۱۶ ظاهر شود.

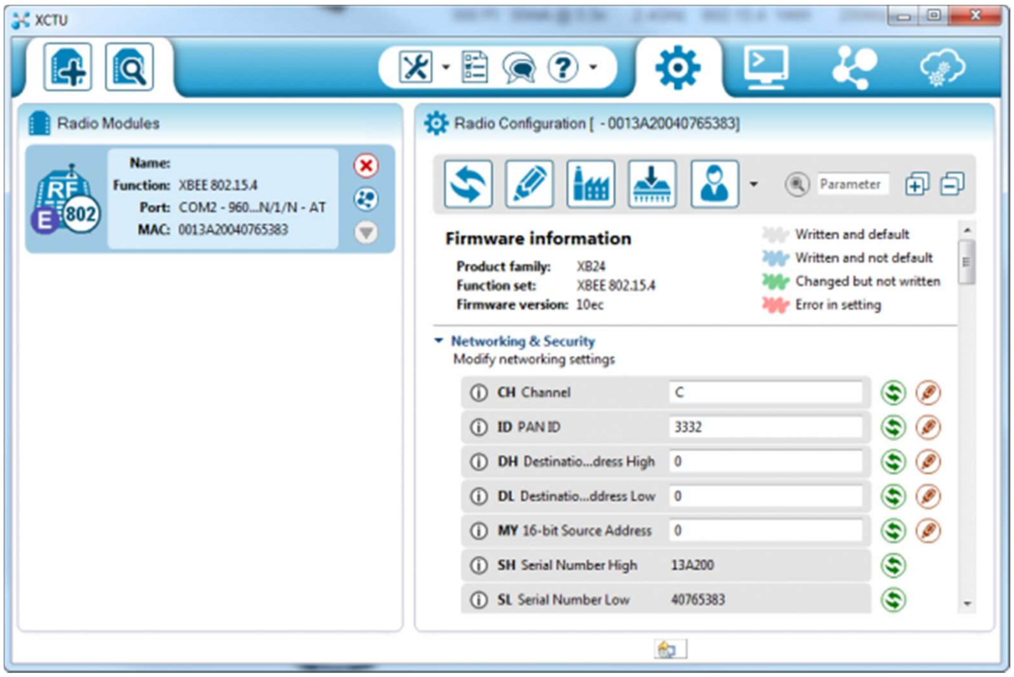


شکل ۴ – ۱۶ : صفحه اول اضافه کردن ماژول

در این پنجره باید نوع ارتباط ماژول با سیستم را مشخص کنیم. چون ماژول با USB وصل شده، یک پورت USB نمایش داده شده که همان را انتخاب می‌کنیم. مهمترین قسمت این پنجره سرعت انتقال دیتا ست[۱] که روی ۹۶۰۰ قرار می‌دهیم. نیاز به تنظیمات دیگری در این پنجره نیست و همین تنظیمات شکل ۴ – ۱۶ کافیست. Finish را کلیک نمایید تا پنجره بسته شود.

[۱] Baud Rate: The baud rate is a measure of the number of bits per second that can be transmitted or received by the UART.

۲. با بسته شدن پنجره بالا، نرم افزار ماژول زیگبی متصل به پورت USB را شناسایی می کند. در صورت شناسایی ماژول توسط نرم افزار، مثل شکل ۴ – ۱۷ ماژول شناسایی شده در لیست سمت چپ صفحه اصلی نرم افزار نمایش داده می شود.



شکل ۴ – ۱۷ : صفحه اول با ماژول اضافه شده

جدول ۴ – ۱ آیکون‌های مهم موجود در این صفحه و کارکرد آن‌ها را شرح می‌دهد.

جدول ۴-۱ تشریح آیکون های صفحه تنظیمات نرم افزار

گزینه	آیکن	عملکرد
Read		خواندن همه تنظیمات از ماژول
Write		نوشتن همه تنظیمات بر روی ماژول
Default		بازگشت همه تنظیمات به حالت اولیه
Update		بروز رسانی firmware ماژول
Profile		گرفتن فایل خروجی از همه تنظیمات یا وارد کردن تنظیمات از فایل های خروجی قبلی

در سه مرحله باید تنظیمات ارتباطی زیگبی‌ها انجام شود. اول تنظیم باند فرکانسی کار آنها، دوم تنظیم شبکه مشترکی که دو زیگبی در آن قرار دارند و سوم نوع ارتباط بین آن‌ها. پنج گزینه موجود در قسمت تنظیمات مربوط به این مراحل است.

a) جهت تنظیم کانال که مشخص کننده فرکانس کاری زیگبی‌هاست، باید قسمت CH را روی C تنظیم نماییم که در این صورت فرکانس ارسال اطلاعات بین آن‌ها همان ۲/۴ مگاهرتز خواهد بود.
b) PAN ID[1] یک کد نشان دهنده مشخصات شبکه ایست که زیگبی درونش قرار دارد. این ماژول به صورت مستقیم تنها با ماژول‌های موجود در این شبکه می‌تواند تبادل اطلاعات نماید. این کد یک عدد هگزادسیمال بین 0 تا 0xFFFF است.
تنها ماژول‌هایی که دارای کد PAN ID یکسان باشند با هم در ارتباط خواهند بود. یعنی در هر شبکه می‌تواند ۶۵۵۳۶ ماژول با آی‌دی‌های متفاوت وجود داشته باشد.
c) در مرحله‌ی سوم باید آدرس هر ماژول درون شبکه نیز اختصاص یابد. این آدرس به دو قسمت تقسیم می‌شود: یکی آدس خود ماژول که به اختصار با MY[2] نمایش داده می شود. که نشان دهنده آدرس مبدا می‌باشد. و دوم آدرس که مقصد[3] را مشخص می‌کند.

در هر ماژول دو آدرس باید مشخص شود، آدرس خود ماژول که مثل آدرس شبکه یک عدد هگزادسیمال بین 0 تا 0xFFFF می‌تواند باشد. و یک آدرس مقصد، آدرس قصد آدرس ماژولی است که ماژول اول می‌تواند به آن ماژول دیتا ارسال نماید. یعنی اگر ماژول شماره یک می‌خواهد به ماژول شماره دو ارسال دیتا داشته باشد باید آدرس MY ماژول دوم را در قسمت آدرس مقصد ماژول اول بیاوریم.

هر آدرس مقصد جهت راحتی آدرس دهی به صورت دو تا آدرس هشت بیتی DH[4] و DL[5] تقسیم می‌شود. کانلا واضح است که در اینجا به DH را صفر مقداردهی می‌کنیم. چون تنها دوتا زیگبی را می‌خواهیم آدرس دهی کنیم برای آدرس‌دهی از جدول زیر استفاده می‌کنیم. با ایت توضیح که عدد PAN ID اختیاری انتخاب شده است.

[1] Personal area network ID
[2] MY address
[3] Destination address
[4] Destination high
[5] Destination low

جدول ۴-۲ اختصاص مقادیر مناسب به زیگبی جهت ارتباط دوطرفه

Setting	Acronym	XBee 1	XBee 2
Channel	**CH**	**C**	**C**
PAN ID	**ID**	**2567**	**2567**
Destination Address High	**DH**	**0**	**0**
Destination Address Low	**DL**	**1**	**0**
bit Source Address-۱۶	**MY**	**0**	**1**

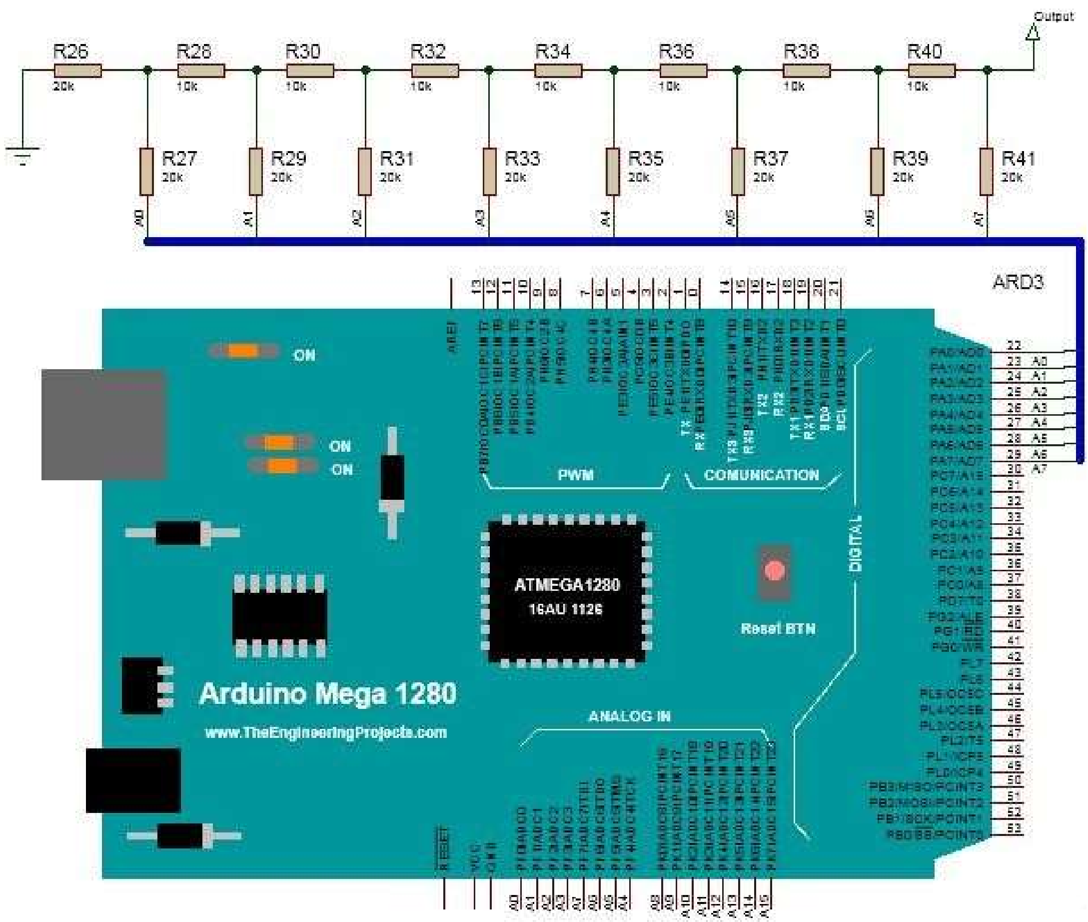
پس برای هر ماژول این ۴ مقدار را وارد کرده و روی آیکن کلیک می‌کنیم تا ثبت شود.

۳. در پایان باید با استفاده از گزینه Write تنظیمات انجام شده را روی ماژول لود نماییم.

با استفاده از این تنظیمات ساده توانستیم دو تا ماژول زیگبی را آماده ارسال و دریافت اطلاعات نماییم.
در آخر یادمان باشد که بیشترین برد ارسال دیتا بین دو زیگبی تنها ۱۰ متر است.

۴-۸ مدار مبدل دیجیتال به آنالوگ[1]

سیگنال دریافتی از زیگبی همانطور که در شکل دیدیم به صورت دیتای دیجیتال سریال است، پس با استفاده از Arduino Mega و برنامه‌ای که برای آن نوشتیم این دیتا را به صورت ۸ بیتی به پایه های b_x یک مبدل دیجیتال به آنالوگ می دهیم تا آن را به سیگنال آنالوگ تبدیل نماید.[۱۶] [۱۹]
شکل ۴ – ۱۸ مدار این مبدل A/D به همراه برد Arduino Mega را نشان می دهد.



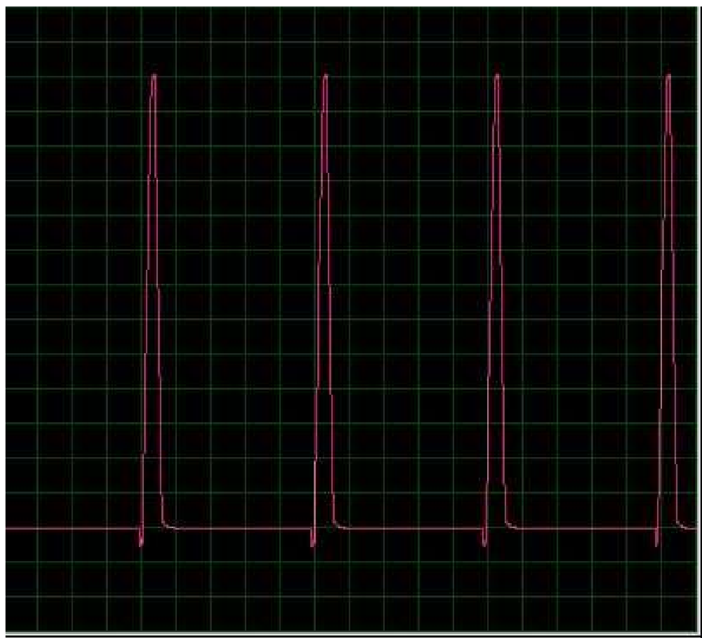
شکل ۴ – ۱۸ : مدار مبدل A/D به همراه برد Arduino Mega

---
[1] D/A Convertor

قطعات مورد استفاده در این مبدل D/A عبارتند از:

$$R27= R29= R31= R33= R35= R37= R39= R41= 20k\Omega$$
$$R26= R28= R30= R32= R34= R36= R38= R40= 10k\Omega$$

خروجی این مدار یک سیگنال آنالوگ است ولی برای حذف هارمونیکهای اضافی و رسیدن به سیگنال ECG باید مثل مدار فرستنده از فیلتر میانگذر استفاده می کنیم تا این سیگنال را به محدوده فرکانسی سیگنال ECG بیاورد.خروجی دریافتی از این مدار کهخروجی نهایی پایان نامه نیز هست در شکل ۴ – ۱۹ نشان داده شده است.



شکل ۴ – ۱۹: خروجی نهایی

فصل پنجم

نتیجه گیری و آینده پژوهی

۵-۱ نتیجه گیری

در این پایان نامه سعی کردیم تا از توانایی شخصی برای طراحی و شبیه سازی مدارات مورد نیاز استفاده کنیم. سعی کردیم با مطالعه و بروز نمودن اطلاعات علمی خود در بهبود روشهای بکار رفته بکوشیم. بیش از ۲۵ مقاله کتاب بین المللی در زمینه های مختلف مطالعه و از نکات آن بهره‌برداری شد. با توجه به اینکه سعی شده تا به بهترین نحو ممکن مدارات طراحی گردد، ولی باز هم می‌توان قسمت‌ها و بخش‌های مختلف این مدار را بهبود داد.

در حال حاضر، بیمارانی که دوره نقاهت بعد از عمل را می‌گذرانند یا از بیماری قلبی رنج می‌برند باید به صورت مداوم وضعیت سلامتی‌شان توسط پزشک مانیتور شود. دستگاهی که برای این روش می‌توان ساخت برای کنترل وضعیت سلامتی بسیار مؤثر است و پزشکان می‌توانند بیماران را بدون بستری شدن در بیمارستان یا کلینیک تحت نظارت داشته باشند.

۵-۲ آینده پژوهی

برای ادامه این پایان نامه زمینه های زیر پیشنهاد می‌گردد:

- طراحی سرور کامپیوتری جهت ذخیره، تحلیل و بهره‌برداری پزشکی از سیگنال دریافتی
- می‌توان با طراحی قسمت دیجیتال به آنالوگ آن با استفاده از FPGA زمینه پژوهشی دیگری داشت.
- پیشرفت تکنولوژیهای اخیر به ویژه تلفن همراه امکان توسعه سیستمهای مراقبت بهداشتی همراه با هدف نظارت بر وضعیت سلامت بیماران به وجود آورده است. طراحی برنامه موبایل جهت ارتباط با سرور و مانیتورینگ آنلاین سیگنال قلبی می‌تواند برنامه بعدی در امتداد این پایان نامه باشد.

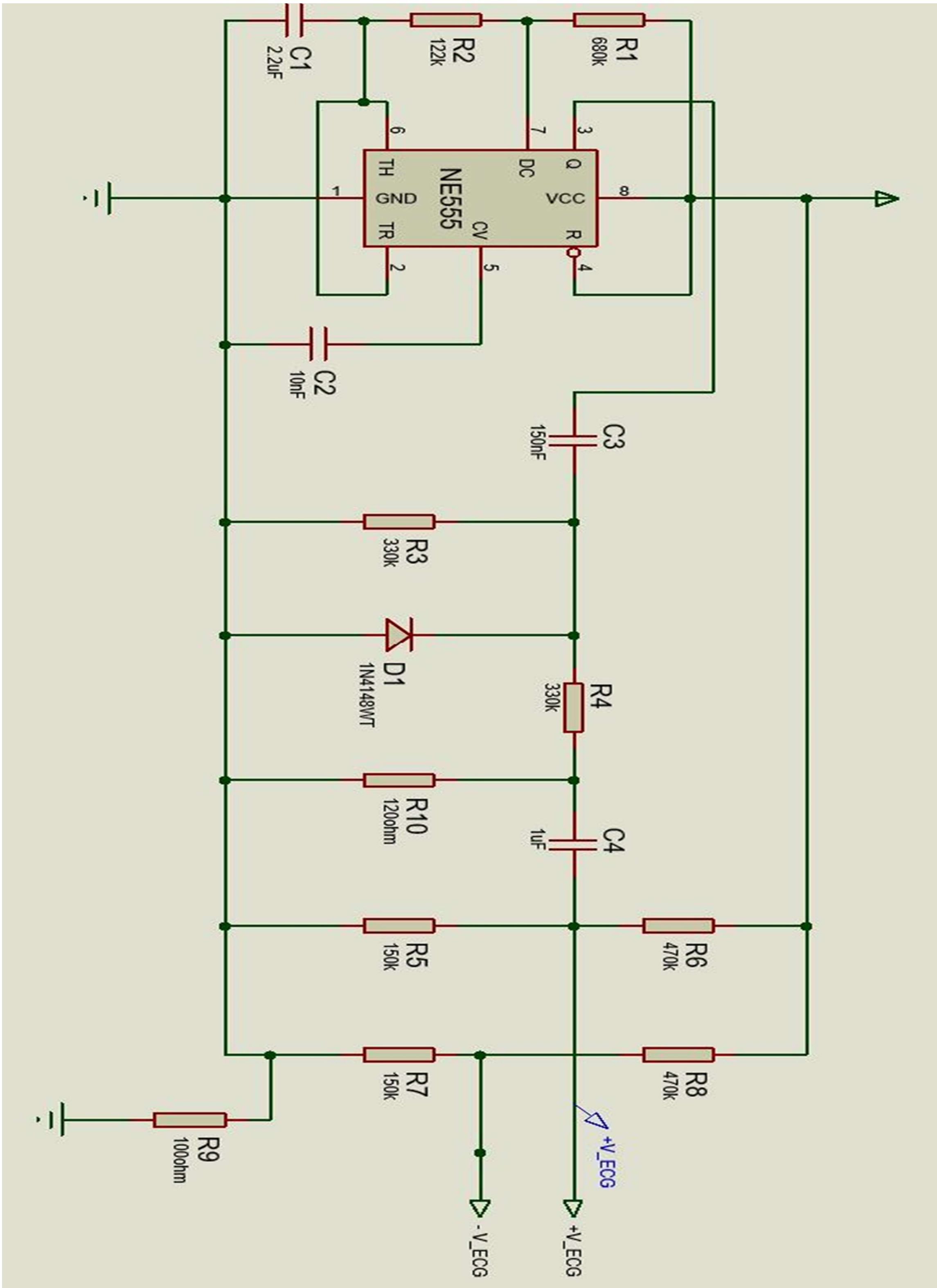
منابع

1. Ramu, R. and A.S. Kumar, *Real-time monitoring of ECG using Zigbee technology.* International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 2014. **3**(6): p. 169-172.
2. Kho, T., et al. *Bluetooth-enabled ecg monitoring system*. in *TENCON 2005-2005 IEEE Region 10 Conference*. 2005. IEEE.
3. Belgacem, N. and F. Bereksi-Reguig, *Bluetooth portable device for ECG and patient motion monitoring.* Nature & Technology, 2011(4): p. 19.
4. Yu, B., L. Xu, and Y. Li. *Bluetooth Low Energy (BLE) based mobile electrocardiogram monitoring system*. in *2012 IEEE International Conference on Information and Automation*. 2012. IEEE.
5. Liang, J. and Y. Wu. *Wireless ECG monitoring system based on OMAP*. in *2009 International Conference on Computational Science and Engineering* .۲۰۰۹ .IEEE.
6. Abdul-Kadir, N., et al. *A Portable WiFi ECG*. in *2018 IEEE 38th International Electronics Manufacturing Technology Conference (IEMT)*. 2018. IEEE.
7. Hong, Y., I. Rajendran, and Y. Lian. *A new ECG signal processing scheme for low-power wearable ECG devices*. in *2011 Asia Pacific Conference on Postgraduate Research in Microelectronics & Electronics*. 2011. IEEE.
8. Yahia, H. and W. Monnet, *Performance of ZigBee Wireless Body Sensor Networks for ECG Signal Transmission under Maximum Payload Size.* UKH Journal of Science and Engineering, 2017. **1**(1): p. 19-25.
9. Kaur, A. and A. Kaur, *A brief review: ECG-based Health Monitoring System through Zigbee Sensor Networks.* Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 2016. **2**.
10. Abrar, M.M., *Design and implementation of astable multivibrator using 555 timer.* IOSR J. Electr. Electron. Eng, 2017. **12**: p. 22-29.
11. Bassembek, U. and O. Krestinskaya, *Notice of Retraction: Instrumentation Amplifier Design: Comparison of CMOS-Memristive and CMOS Implementations*, in *2018 International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet)*. 2018, IEEE.
12. AHMADI, S. and S.J. AZHARI, *Design and simulation of a New High CMRR, High Bandwidth and Low Power Current Mode Instrumentation Amplifier Based on FDCCII.* NASHRIYYAH -I MUHANDISI -I BARQ VA MUHANDISI -I KAMPYUTAR -I IRAN, A- MUHANDISI -I BARQ, 2019. **16**(4 #f00587): p- . .
13. Moschytz, G.S., *Analog Circuit Theory and Filter Design in the Digital World*. 2019, Springer International Publishing.
14. Dimopoulos, H.G., *Analog electronic filters: Theory, design and synthesis*. 2011: Springer Science & Business Media.
15. Jadhav, K.B. and U.M. Chaskar. *Design and development of smart phone based ecg monitoring system*. in *2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*. 2017. IEEE.
16. Parmar, S.S. and A.P. Gharge. *R-2R ladder circuit design for 32-bit digital-to-analog converter (DAC) with noise analysis and performance parameters*. in *2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*. 2016. IEEE.
17. Monk, S., *Programming Arduino next steps: going further with sketches*. 2018: McGraw-Hill Education.
18. Badamasi, Y.A. *The working principle of an Arduino*. in *2014 1١th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*. 2014. IEEE.

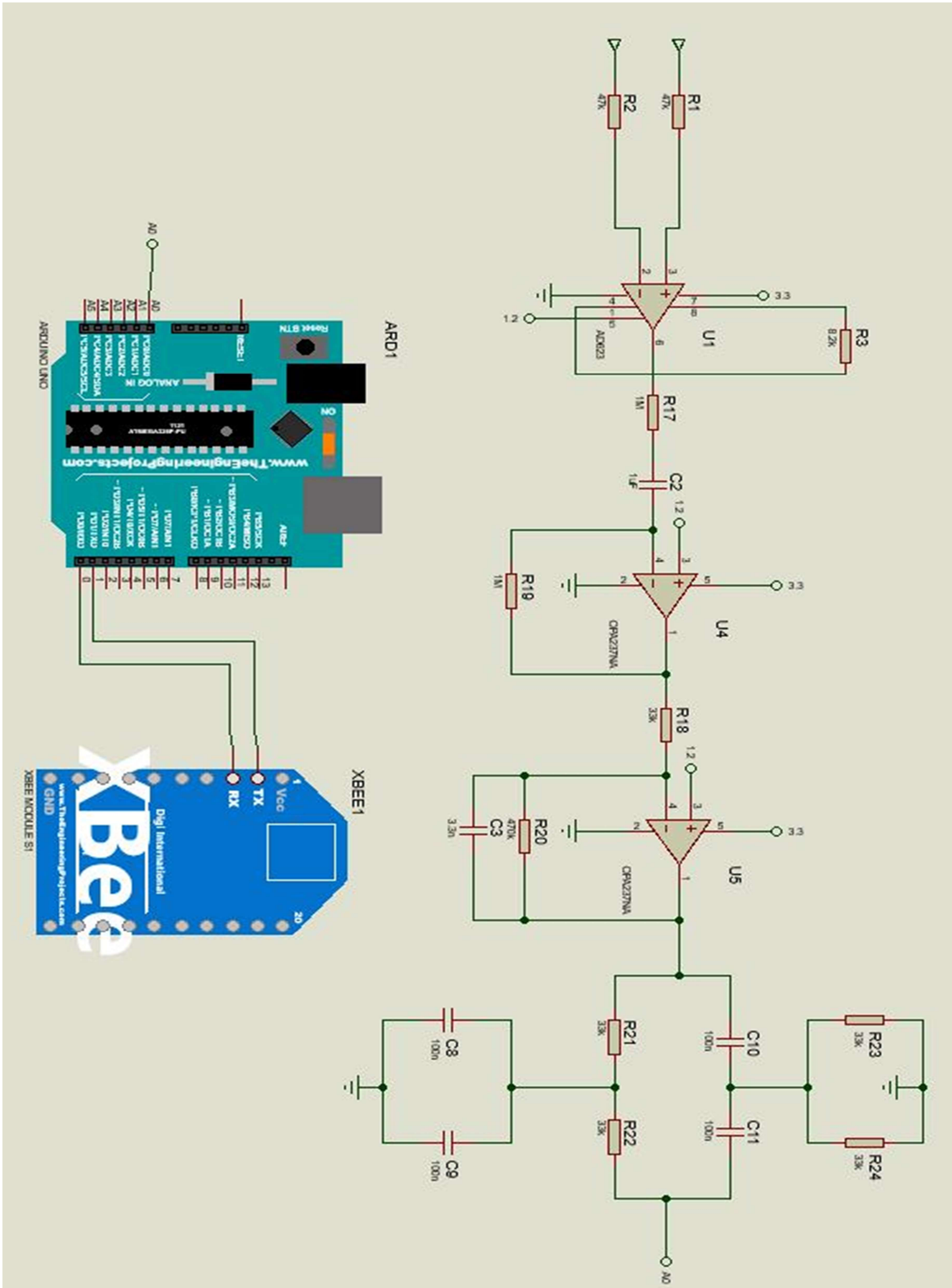
19. Arduino, S.A., *Arduino.* Arduino LLC, 2015.
20. Cheng, K.E., et al., *Development of a circuit for functional electrical stimulation.* IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering, 2004. **12**(1): p. 43-47.
21. Nash, E. and A. Devices, *Common Mode and Instrumentation Amplifiers.* Analog Devices: Cambridge, MA, USA, 1998.
22. Yusuf, A. and M.A. Baba, *Design and Implementation of a Home Automated System based on Arduino, Zigbee and Android.* International Journal of Computer Applications, 2014. **97**.(۹)

پیوست‌ها

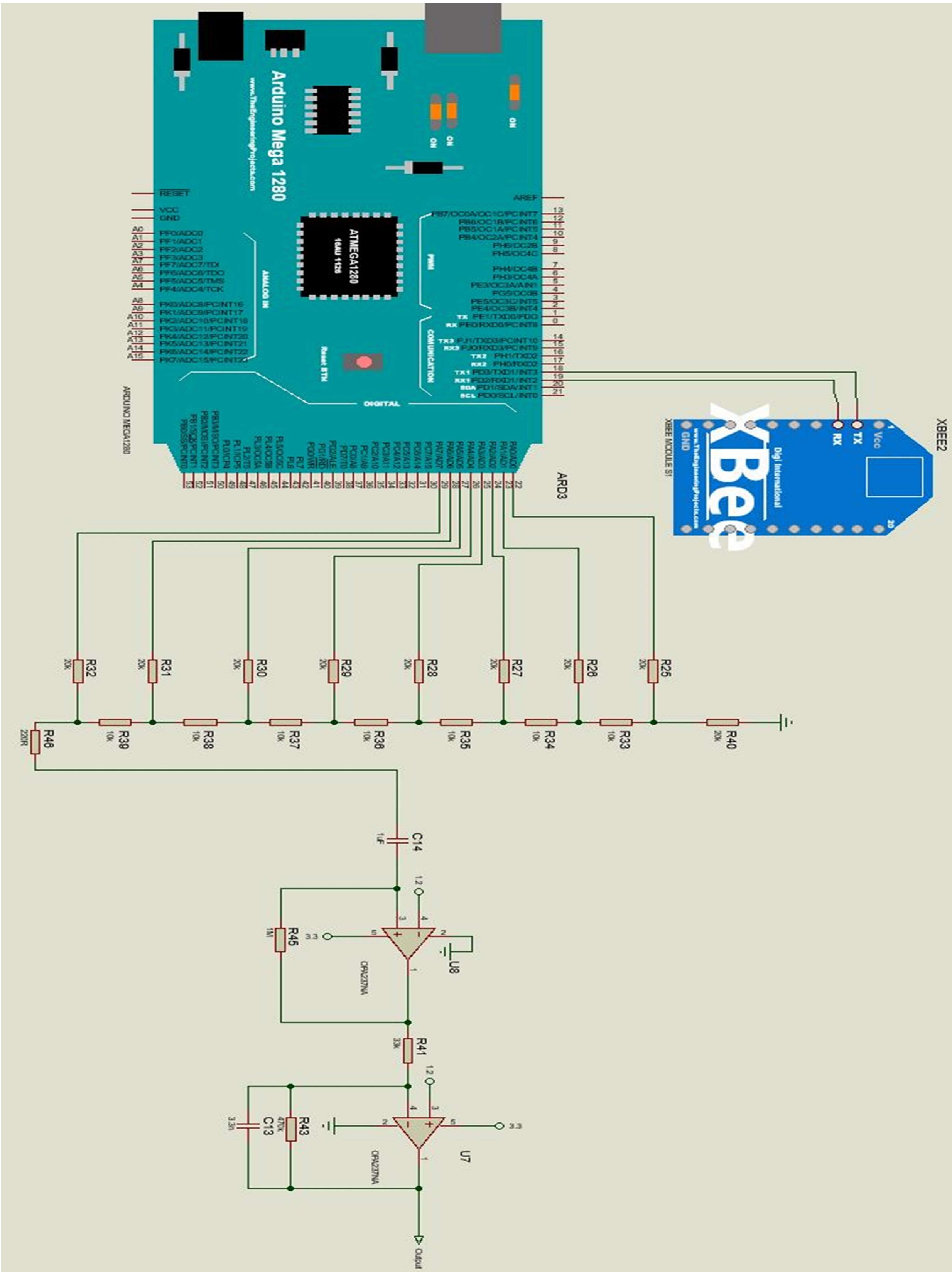
پیوست ۱ : مدار شبیه ساز سیگنال قلب به صورت کامل



پیوست ۲ : مدار فرستنده به صورت کامل



پیوست ۲ : مدار گیرنده به صورت کامل



Abstract

In most countries, heart disease is the leading cause of death or at least one of its leading causes. Seconds are worth saving for when a heart failure occurs, and getting a patient to a health center a minute early can significantly increase his or her chance of survival. But even in advanced countries with an emergency system, many patients do not have access to medical treatment after a heart attack. So what is the solution? Increased number of ambulance helicopters? Build more and more emergency centers? Or building housing for heart patients inside hospitals? An electrocardiogram examines the physician's state of health and potential illnesses by using the electrical waves of the heart. An electrocardiogram is a painless method that records the electrical activity of the heart. The ECG is one of the safest and easiest measures to give your doctor valuable information about the heart. The electrical current released from the heart by electrodes that are attached to the hands, feet and front of the chest in different standard colors can be valuable in the diagnosis of heart disease. The ECG is of great value in examining heart aches and strokes and is a routine procedure for anyone with acute heart problems.

In this thesis, we intend to design and simulate a wireless ECG system that sends signals (Electrocardiogram-ECG) to the human heart wirelessly (zigbee) and receives at the receiver.

Keywords: Electrocardiogram, Zigbee, Ardino, Proteus

Islamic Azad University

Shiraz Branch

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment for the Requirments of the Degree of M.Sc

in

Electrical Engineering - Integrated Electronic Circuits

Subject

Design and simulation of the Electrocardiogram (ECG) transmitting system using ZigBee module

By

Saeid Azizi

Evaluated and approved by the thesis committee as: ------

----------------Name,Ph.D. Professor of Engineering(Chairman)

---------------Name, Ph.D. Asistant Professor of Electrical Engineering

--------------Name,Ph.D. Asistant Professor of Electrical Engineering

Winter 2020

Islamic Azad University

Shiraz Branch

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment for the Requirments of the Degree of M.Sc

in

Electrical Engineering - Integrated Electronic Circuits

Subject

Design and simulation of the Electrocardiogram (ECG) transmitting system using ZigBee module

Thesis Advisor

Dr. Mojtaba Sadegi

Consulting Advisor

By

Saeid Azizi

Winter 2020